

Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT)
Yhdyskuntien
jätevedenpuhdistamot

**Jyrki Laitinen, Jenni Nieminen, Risto Saarinen ja
Saijariina Toivikko**

YMPÄRISTÖN-
SUOJELU



Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT)
Yhdyskuntien
jätevedenpuhdistamot

Jyrki Laitinen, Jenni Nieminen, Risto Saarinen ja Saijariina Toivikko

Helsinki 2014

YMPÄRISTÖMINISTERIÖ



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

SUOMEN YMPÄRISTÖ 3 | 2014
Ympäristöministeriö

Taitto: Pirjo Lehtovaara
Kansikuva: Matti Valve

Julkaisu on saatavana myös internetistä: www.ym.fi/julkaisut

Edita Prima Oy, Helsinki 2014

ISBN 978-952-11-4285-7 (nid.)
ISBN 978-952-11-4286-4 (PDF)
ISSN 1238-7312 (pain.)
ISSN 1796-1637 (verkkokj.)

ALKUSANAT

Tämän selvityksen tavoitteena oli laatia yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilla sovellettava, parhaan käyttökelpoisen tekniikan (BAT) käsitettä selventävä raportti. Raportin tarkoituksena on helpottaa ja yhdenmukaistaa ympäristölupien hakuprosessia. Selvityksen pohjaksi tehtiin kysely 57 eri puolilla Suomea sijaitseville eri kokoluokkien jätevedenpuhdistamoille. Pohjatietojen ja vesihuollon asiantuntijoista koostuvan työryhmän kokemusten pohjalta laadittiin kansallinen BAT-raportti, jonka sisältö mukailee virallisten BAT-dokumenttien sisältöä. Selvityksen aikana järjestettiin myös seminaari, jossa raportin sisältöä esiteltiin sidosryhmille. Selvityksen rahoitti ympäristöministeriö, jossa hankkeen ohjauksesta vastasi Jorma Kaloinen.

Selvitys tehtiin Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE) vesihuollon asiantuntijoista koostuvan työryhmän opastuksella. SYKEstä työn koostamisvaiheeseen osallistuivat johtava asiantuntija Jyrki Laitinen ja tutkimusinsinööri Jenni Nieminen. Selvityksen rakenteessa ja BAT-termistön oikeanlaisessa käytössä opasti SYKEN projektipäällikkö Timo Jouttijärvi. SYKEN ulkopuolelta monitahoiseen työryhmään kuuluivat:

Risto Saarinen, Liikelaitos Porvoon vesi, (työryhmän puheenjohtaja)
Saijariina Toivikko, Vesilaitosyhdistys
Risto Lehtoranta, Lounais-Suomen Aluehallintovirasto
Heikki Elomaa, Varsinais-Suomen ELY-keskus
Jari Männynsalo, Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry
Matti Valve, Hajaputsari ry
Esko Suotula, Karkkilan vesihuoltolaitos
Mari Heinonen, Helsingin seudun ympäristöpalvelut
Tiina Oksanen, Riihimäen vesi
Ari Niemelä, FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy
Kristian Sahlstedt, Pöyry Finland Oy
Niko Rissanen, Ramboll Finland Oy
Pauli Hyvärinen, Aquaflow Oy

Työhön ovat asiantuntijoina eri vaiheissa osallistuneet myös Riikka Vilpas (SYKE), Ari Kangas (SYKE, Uudenmaan ELY-keskus), Vesa Kettunen (Kemira Oyj) ja Rauni Karjala (Kemira Oyj).

Haluamme kiittää työryhmän jäseniä pitkäjänteisestä työstä, joka on ollut ratkaisevassa asemassa raportin aikaansaamiseksi. Kiitämme myös selvitykseen osallistuneita jätevedenpuhdistamoita, joiden toimittamiin tietoihin pohjautuen saatiin käsitys suomalaisen jätevedenpuhdistuksen tasosta. Kiitämme myös selvityksen alkuperäisestä ideasta Lea Siivolaa (Etelä-Suomen AVI). Toivomme, että tämä selvitys helpottaa kaikkia ympäristölupahakemuksien kanssa työskenteleviä osapuolia.

SISÄLLYS

Alkusanat	3
Lyhenteet	6
I Johdanto	7
2 Yleinen informaatio	8
2.1 Yleiskuvaus Suomen vesialueista – vastaanottavien vesistöjen piirteet	8
2.1.1 Suomen pintavedet	8
2.1.2 Pintavesien tyypittely	9
2.1.3 Pintavesien luokittelu.....	9
2.1.4 Vesistöjen tila.....	10
2.1.5 Vesistöjen ravinneherkkyys	10
2.2 Ilmastomuutoksen vaikutukset vesistöihin ja jätevedenpuhdistukseen.....	13
2.3 Jätevedenpuhdistuksen ympäristövaikutukset.....	14
2.3.1 Jätevesien vesistövaikutukset	14
2.3.2 Jätevesien muut ympäristövaikutukset	16
2.3.3 Vaikutukset ilman laatuun ja ilmastoon	17
2.4 Yhdyskuntien jätevedenpuhdistusta koskeva lainsäädäntö	17
2.4.1 EU:n direktiivit ja asetukset.....	17
2.4.2 Kansallinen lainsäädäntö.....	20
2.4.3 Yhdyskuntien jätevedenpuhdistukseen liittyviä suosituksia	25
3 Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoille tuleva kuormitus	26
3.1 Asukasvastineluku	26
3.2 Talousjätevesi.....	27
3.3 Teollisuusjätevedet	28
3.4 Hule- ja vuotovedet.....	29
3.5 Muut kuormitusjakeet	30
3.5.1 Lietteenkäsittelyn rejektivedet	30
3.5.2 Sako- ja umpikaivolietteet.....	30
3.5.3 Kausiluontoinen ja epäsäännöllinen tulokuormitus	30
4 Nykyiset päästö-, kulutus- ja kustannustasot	31
4.1 Tarkasteltu aineisto	31
4.2 Tarkasteltujen laitosten prosessien kokoonpano.....	31
4.3 Tulosten tarkastelu	32
4.3.1 Saavutettavat päästötasot.....	32
4.3.2 Jälkikäsittelyn vaikutus.....	37
4.3.3 Energian- ja kemikaalikulutukset	38
4.3.4 Laitosten investointi- ja käyttökustannuksia	40
5 Parhaan käyttökelpoisen tekniikan määrittämisessä huomioon otettavat tekniikat	42
5.1 Prosessityyppien kuvaus.....	42
5.1.1 Mekaaniset prosessit	42
5.1.2 Kemialliset prosessit	42
5.1.3 Biologiset prosessit	43
5.1.4 Mekaanis-biologis-kemialliset prosessit	45
5.2 Yleisimmät jätevedenpuhdistuksen yksikköprosessit Suomessa.....	45
5.2.1 Tulevan veden järjestelyt.....	46

5.2.2 Esikäsittelyn yksikköprosessit	46
5.2.3 Biologis-kemiallinen käsittely	47
5.2.4 Jälkikäsittely	49
5.2.5 Poistojärjestelyt	50
5.2.6 Lietteen hyötykäyttö	53
6 Päätelmiä päästö- ja kustannustasoista	54
6.1 Päästötasot suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla	54
6.1.1 Orgaaninen aines	54
6.1.2 Kiintoaine	55
6.1.3 Fosfori	55
6.1.4 Typpi	56
6.2 Kustannukset suomalaisilla puhdistamoilla	57
6.2.1 Fosforin poiston kustannukset	57
6.2.2 Typenpoiston kustannukset	58
7 Parhaat käyttökelpoiset tekniikat yhdyskuntajäteveden puhdistamoilla (BAT-päätelmät)	59
7.1 Parhaat käyttökelpoiset tekniikat prosessiosittain	59
7.1.1 Tulopumppaamo ja esikäsittely	59
7.1.2 Biologis-kemiallinen osa	60
7.1.3 Jälkikäsittely	60
7.1.4 Lietteenkäsittely	61
7.2 Puhdistamon suunnittelu	61
7.3 Käyttö ja ylläpito	62
7.4 Päästöt	64
7.4.1 Päästöt vesiin	64
7.4.2 Päästöt ilmaan	64
7.4.3 Päästöt maaperään	64
8 Uudet tekniikat	65
8.1 Fosforin poiston tehostaminen	65
8.1.1 Kalvotekniikat	65
8.1.2 Kiekkosuodatin	66
8.2 Typenpoiston erikoisprosessit	66
8.3 Biologisten prosessien tehostaminen	66
8.4 Haitallisten aineiden poisto	67
9 Johtopäätökset ja suositukset	68
Kirjallisuutta	69
Sanasto	70
Liite 1. Lähtevän veden BHK ₇ (ATU) jäännöspitoisuus suhteessa tilakuormaan suurilla puhdistamoilla	73
Liite 2. Lähtevän veden kiintoaineen (SS) jäännöspitoisuus suhteessa pintakuormaan suurilla puhdistamoilla	74
Liite 3. Energiankulutustietoja selvityksessä mukana olleilta puhdistamoilta.	75
Liite 4. Selvityksessä mukana olleilla puhdistamoilla käytössä olevia kemikaaleja ja niiden annostelumääriä	76
Liite 5. Joidenkin selvityksessä mukana olleiden puhdistamoiden käyttökustannustietoja vuodelta 2012	78
Kuvailulehdet	79

LYHENTEET

AA-EQS	Annual Average EQS
AOP	Advanced Oxidation Process
AVI	Aluehallintovirasto
Avi	Asukasvastineluku
BAT	Best Available Techniques
BHK _x	Biologinen hapenkulutus
BREF	BAT References
DN	Denitrifikaatio-nitrifikaatio
EC	European Community
EEC	European Economic Community
EPER	European Pollutant Emission Register
E-PRTR	European Pollutant Release and Transfer Register
EQS	Environmental Quality Standard
ETY	Euroopan talousyhteisö
EU	European Union, Euroopan unioni
Evira	Elintarvikevalvontavirasto
EY	Euroopan yhteisö
HELCOM	Helsinki Comission
ICT	Information and Communications Technology
IE	Industrial Emissions
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
KHK _{Cr}	Kemiallinen hapenkulutus
MAC-EQS	Maximum Allowable Concentration EQS
MBBR	Moving Bed Bio Reactor
MBR	Membrane Bioreactor
MMM	Maa- ja metsätalousministeriö
NH ₄ -N	Ammoniumtyppi
N _{kok}	Kokonaistyyppi
OCP	Oxygen Consumption Potential
PAC	Polyaluminium Chloride
PAH	Polyaromatic hydrocarbons
P _{kok}	Kokonaisfosfori
SS	Suspended solids
TOC	Total Organic Carbon
UPS	Uninterruptible Power Supply
UV	Ultravioletti
VAHTI	Valvonta- ja kuormitustietojärjestelmä

1 Johdanto

Yksi Suomen ympäristönsuojelulain yleisistä periaatteista on parhaan käyttökelpoisen tekniikan (BAT) periaate. Sen mukaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavalle toiminnalle vaaditun ympäristöluvan lupamääräysten tulee perustua parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan. Lisäksi ympäristönsuojeluasetuksessa määrätään, että toiminnanharjoittajan tulee sisällyttää lupahakemukseen arvio parhaan käyttökelpoisen tekniikan soveltamisesta suunnitellussa toiminnassa.

Parhaan käyttökelpoisen tekniikan määritelmä on kuitenkin ollut epäselvä ja sen vuoksi BAT-periaatteen toteutumista ei ole ollut helppo osoittaa jätevedenpuhdistamoiden ympäristölupahakemuksessa. Tämän selvityksen tarkoituksena on nopeuttaa, yksinkertaistaa ja yhdenmukaistaa ympäristölupaprosessia selkeyttämällä BAT:n käsitettä. Julkaisu on tarkoitettu yhdyskuntajätevedenpuhdistamoiden ympäristölupia käsitteleville lupaviranomaisille, ympäristöluvan hakijoille ja jätevedenpuhdistamoiden suunnittelijoille.

Raportti on niin sanottu kansallinen BAT-selvitys, jolla ei ole samanlaista lain voimaa kuin varsinaisilla IE-direktiivin määrittelemien toimialojen BAT-asiakirjoilla ja niiden sisältämällä BAT-päätelmällä. Siten tässä raportissa esitetyt lukuarvot tai tekniikat eivät ole suoraan sovellettavissa lupamääräyksiksi, vaan jätevedenpuhdistamoja tulee tarkastella tapauskohtaisesti.

Selvitys on rajattu käsittelemään vain yhdyskuntien jätevedenpuhdistusprosesseja, jolloin sen ulkopuolelle jäävät verkoston ja ulkopuolisen lietteenkäsittelyn tarkastelu sekä teollisuusjätevesien puhdistamot. Selvityksessä luodaan katsaus Suomen vesialueiden tilaan sekä yhdyskuntajäteveden ominaisuuksiin ja kuormitukseen. Selvitystä varten kerättiin 57 puhdistamolta päästö- ja prosessi-, sekä investointi- ja käyttökustannustietoja, joiden pohjalta arvioitiin soveltuvia tekniikoita ja laitosten kustannustehokkuutta ja laadittiin luvun 7 BAT-päätelmät. Lisäksi luvussa 8 käsitellään yleistymässä olevia uusia tekniikoita.

2 Yleinen informaatio

2.1

Yleiskuvaus Suomen vesialueista – vastaanottavien vesistöjen piirteet

Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilla käsitellään noin 500 miljoonaa kuutiometriä jätevettä vuosittain. Puhdistetun jäteveden purkupaikkana toimivat pintavedet – joet, järvet tai meret, joiden pilaantumista ehkäistään tehokkaalla jätevedenpuhdistuksella. Pintavesien suojeleminen on tärkeää vesien virkistyskäytön säilyttämiseksi sekä turvaamaan raakaveden laatu niissä joissa ja järvissä, joita käytetään yhdyskuntien vedenhankinnassa.

2.1.1

Suomen pintavedet

Suomen pinta-alasta on lähes 10 % veden peitossa. Suurempia, yli 500 m² kokoisia järviä ja lampia on yhteensä noin 190 000 ja jokien yhteenlaskettu pituus on noin 25 000 km. Tämän lisäksi Suomella on merenrantaa saaret mukaan luettuna noin 46 000 kilometriä. Suomen vesistöt ovat kuitenkin matalia, joten veden määrä ei vesistöjen pinta-alasta huolimatta ole suuri. Järvet sisältävät yhteensä noin 235 km³ vettä, eli vain vajaan kolmanneksen Laatokan vesimäärästä. Mataluuden seurauksena vesistöt ovat herkkiä likaantumaan ja vähäininkin määrää ravinteita, hapanta laskeumaa tai muita haitallisia aineita riittää vaikuttamaan vesiekosysteemin toimintaan.

Suomen kolme yleisintä järviä ovat eutrofiset, oligotrofiset ja dystrofiset järvet. Eutrofiset eli rehevät ja runsasravinteiset järvet sijaitsevat usein savikkoalueilla tai alueilla joiden maaperä on kalkkipitoinen. Ravinteiden runsaus on yleensä maatalouden ja hajakuormituksen seurausta, mutta siihen vaikuttavat myös valuma-alueen ominaisuudet. Rehevissä järvissä tuotantokyky on tyypillisesti ravinteiden saatavuuden vuoksi suuri. Vesikasvustoa ja kaloja on runsaasti. Erittäin rehevissä järvissä heikot happi- ja valaistusominaisuudet haittaavat kasvien yhteyttämistä ja kalojen lisääntymistä. Toinen järviä on oligotrofinen eli karu. Tällaiset järvet ovat kirkasvetisiä ja sijaitsevat usein harjalueilla, joissa maaperä on soraa tai hiekkaa ja humuspitoisuus pieni. Vaikka karujen järvien valaistusominaisuudet ja happitilanne ovat hyvät, niiden tuotantokyky on tyypillisesti heikko ravinteiden niukkuuden vuoksi. Suomen järvistä suurin osa, noin 60 %, on dystrofisia tai dysoligotrofisia eli ruskeavetisiä ja niukkaravinteisia. Ruskea väri aiheutuu liuenneista ja kolloidisista humusaineista, jotka valuvat järviin vesien mukana muun muassa soilta. Tällaisten järvien tuotantokyky on tyypillisesti heikko ravinteiden niukkuuden, heikon happitilanteen ja huonojen valaistusominaisuuksien vuoksi.

Sisämaan pintavesien lailla myös Itämeri on matala ja herkkä likaantumislle. Itämeren erityispiirteitä on saariston ja pohjanmuotojen aiheuttama allasmaisuus, joka Tanskan salmien ahtaan vesireitin lisäksi heikentää veden vaihtumista ja vaikeuttaa

pohjan happitilannetta. Suurin osa Suomea kuuluu Itämeren valuma-alueeseen. Vain pohjoisimmasta Lapista ja itäisimmältä Koillismaalta vedet virtaavat Barentsinmereen ja Vienanmereen. Suomalaisten ohella Itämeren valuma-alueella asuu noin 80 miljoonaa ihmistä ja Itämereen kohdistuva kuormitus onkin meren pinta-alan ja tilavuuteen verrattuna poikkeuksellisen suurta. Mereen lasketaan puhdistettuja ja puhdistamattomia yhdyskuntien, maatalouden ja teollisuuden jätevesiä. Näiden lisäksi ravinnekuormitusta aiheutuu pelloilta peräisin olevista ravinteista, jotka sadetai tulvavesien mukana kulkeutuvat pintahuuhtoumana jokiin ja edelleen mereen.

2.1.2

Pintavesien tyypittely

Vesipuitelidirektiivistä johtuvien uudistusten myötä syntyi tarve tyypitellä ja luokitella pintavedet uudestaan ja valmistella niiden pohjalta vesienhoitosuunnitelmat kullekin Suomen vesienhoitoalueelle.

Pintavesien tyypittelyä ja eri tyypeille määriteltyjä vertailuoloja käytetään vesistön ekologisen tilan luokituksen perustana. Tyypittelyn pohjalta voidaan kullekin vesistölle asettaa niiden luontaisten ominaisuuksien mukaiset tavoitteet. Pintavesien tyypittely on tehty maantieteelliset ja luonnontieteelliset ominaispiirteet huomioiden. Sisävesien osalta tyypittelyyn vaikuttavat valuma-alueen maaperä, vesistön koko, syvyys ja viipymä. Rannikkovesien osalta havainnoitavia tekijöitä ovat veden suolapitoisuus, saariston avoimuus, jäätalven pituus, veden syvyys, veden vaihtuvuus sekä alueella esiintyvä eliölajisto.

Järvityyppejä on Suomessa 13, joista suurin tyyppi ovat matalat humusjärvet. Miltei yhtä runsaana esiintyy matalia runsashumuksisia järviä, ja myös pienet ja keskikokoiset vähähumuksiset sekä pienet humusjärvet ovat edustettuina. Kaikkein pienimpiä järviä ei ole tyypitelty. Järvien tyypittelyssä otetaan huomioon järven ravinteikkaus tai kalkkisuus, keskisyvyys, veden viipymä ja väri sekä maantieteellinen sijainti.

Joet tyypitellään valuma-alueen koon ja maaperän sekä turvemaiden osuuden ja luontaisen veden värin perusteella. Jokityyppejä on yhteensä 11, joista jokikilometreittäin laskettuna eniten on keskisuuria turvemaiden jokia. Myös keskisuuria kangasmaiden, suuria turvemaiden ja pieniä turvemaiden jokia on runsaasti.

Rannikkovesityyppejä on 11 ja ne on jaoteltu maantieteellisen sijaintinsa perusteella Suomenlahden sisä- ja ulkosaaristoon, Lounaiseen sisä-, väli-, ulkosaaristoon, Selkämeren sisempiin ja ulompiin rannikkovesiin, Merenkurkun sisä- ja ulkosaaristoon sekä Perämeren sisempiin ja ulompiin rannikkovesiin.

2.1.3

Pintavesien luokittelu

Pintavesien luokittelulla kuvataan vesistöjen tilaa ja siinä tapahtuneita muutoksia ihmistoiminnan seurauksena. Luokittelun pohjalta voidaan arvioida vesistön tilaa ja ryhtyä vaadittaviin suojelutoimiin vesien tilan parantamiseksi. Vedet luokitellaan ekologisen ja kemiallisen tilan perusteella, joista heikoimman perusteella määräytyy vesistön kokonaistila.

Ekologista tilaa arvioidaan pääasiassa biologisilla tekijöillä, kuten kasviplankton, vesikasvit, pohjaeläimet ja kalat. Arvioinnissa otetaan huomioon myös hydrologis-morfologiset tekijät, kuten vesistön säännöstely ja muokkaaminen esimerkiksi kanavia rakentamalla, 15 kansallista haitallista ainetta ja niiden ympäristölaatu normit (vaarallisten aineiden asetus (1022/2006) liite 1D) ja lisäksi vesistön fysikaalis-kemiallisten tekijöiden osalta arvioidaan esimerkiksi veden pH:ta, väriä ja happi- ja ravinnepitoisuutta. Ekologisen tilan perusteella pintavedet jaetaan viiteen tilaluokkaan erinomaisesta huonoon.

Kemiallista tilaa arvioidaan vertaamalla vesissä olevien vaarallisten ja haitallisten aineiden pitoisuuksia lainsäädännössä (vaarallisten aineiden asetus (1022/2006)) asetettuihin ympäristölaatumormeihin. Asetuksessa on määritelty ympäristölaatumormit 41 EU:n prioriteettiaineelle (vaarallisten aineiden asetuksen 1022/2006 liite 1C), joita käytetään kemiallisen tilan arviointiin. Kemiallisen tilan perusteella vesistö voidaan luokitella hyväksi tai hyvää huonommaksi.

Pintavesien luokittelu on tehty ensimmäistä kertaa vesipuitedirektiivin mukaisesti vesienhoitosuunnitelmissa, jotka hyväksyttiin vuonna 2009. Vesienhoitosuunnitelmat on tehty seitsemälle Manner-Suomen vesienhoitoalueelle. Suunnitelmien ja niiden perusteella laadittujen toimenpideohjelmien tarkoituksena on parantaa luokitellun vesistön tilaa ja saavuttaa vähintään hyvä tila vuoteen 2015. Tavoitteiden saavuttaminen arvioidaan ja vesienhoitosuunnitelmat päivitetään vuoteen 2015 mennessä siten, että tavoitteet saavutetaan viimeistään vuoteen 2021 tai 2027 mennessä.

2.1.4

Vesistöjen tila

Suomen vesimuodostumista pääosa on ekologiselta tilaltaan erinomaisia tai hyviä (Kuva 1). Järvistä 85 % ja joista yli puolet on erinomaisessa tai hyvässä tilassa, mutta rannikkovesistä vain neljännes. Suomenlahdella tilanne on huonompi kuin Pohjanlahdella.

Vesien tilaa seurataan jatkuvasti ympäristöhallinnon seurannoilla ja toiminnanharjoittajien kustantamilla vesistöjen velvoitetarkkailuilla, jotka kattavat Suomen joet, järvet ja merialueen. Tietoa kerätään paikallisesti yksittäisen vesistön tasolla, alueellisesti vesistö- ja vesienhoitoalueittain tai valtakunnallisesti koko Suomen alueelta. Seurannat ovat pitkäaikaisia ja niihin kuuluva näytteenotto suoritetaan samoista havaintopisteistä, jolloin tulokset säilyvät vertailukelpoisina. Vesien tilan seurannan tulokset tallennetaan Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämään valtakunnalliseen tietojärjestelmään, jota voi selata internetpalvelu OIVA:ssa.

2.1.5

Vesistöjen ravinneherkkyys

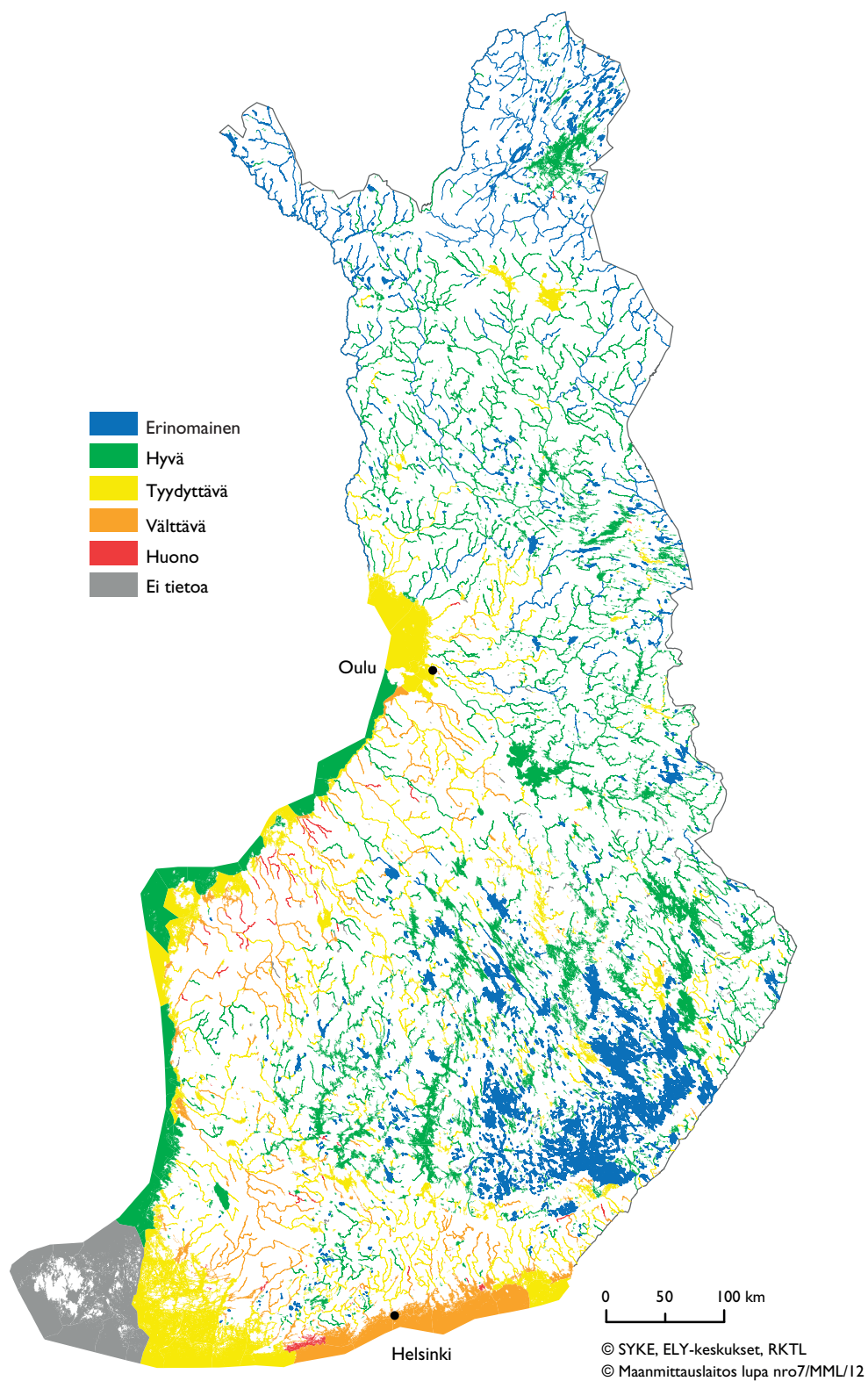
Ravinteiden luonnollinen kierto vesistöissä

Ravinteiden kierto vesistöissä on monimutkainen tapahtumaketju. Vesistöjen ravinnetaseeseen vaikuttaa ulkoisen ravinnekuormituksen lisäksi myös sisäinen kierto, jossa ravinteet kiertävät veden, eliöstön ja pohjasedimentin välillä. Erityisesti pohjasedimentillä ja siellä happiolosuhteiden ja mikrobitoiminnan seurauksena tapahtuvilla prosesseilla on suuri vaikutus ravinteiden sisäiseen kiertoon.

Typen kiertoa säätelevät mikrobiologiset prosessit ja vesistöissä oleva typpi sitoutuu pääasiassa orgaaniseen ainekseen. Orgaaninen aines laskeutuu lopulta pohjaan, jossa se hajoaa tehokkaasti.

Mikrobit muuttavat orgaaniseen ainekseen sitoutuneen typen liukoiseksi ammoniumtypeksi, jonka jälkeen ammoniumtyppi voi hapettua mikrobiologisesti nitraattitypeksi ja lopulta vapautua typpikaasuna ilmaan denitrifikaation seurauksena. Näitä prosesseja käytetään hyödyksi jätevedenpuhdistamoilla biologisessa typenpoistoprosessissa ja niitä kuvataan kappaleessa 5.1.3. Ammonium- ja nitraattityppi ovat molemmat leville käyttökelpoisia ravinteita ja siten voivat ennen denitrifikaatiota sitoutua helposti takaisin biomassaansa.

Vedessä oleva fosfori voi sitoutua myös elottomaan hiukasmaiseen ainekseen, jolloin se laskeutuu pohjaan ja ajan myötä hautautuu yhä syvemmälle sedimenttiin uusien kiintoainekerrosten laskeutuessa sen päälle. Vähitellen olosuhteet muuttuvat



Kuva 1. Suomen pintavesien ekologinen tila.

hapettomiksi, jolloin fosforia voi vapautua takaisin liukoiseen muotoon. Liukoinen fosfori voi sitoutua uudelleen pohjan hapellisen kerroksen kiintoainekseen tai vapautua vesistöön.

Minimiravinne

Vesistöjen rehevöitymiseen ja biomassan kasvuun vaikuttavat perustuotannon osatekijät, joita ovat pääravinteet fosfori ja typpi sekä vesistöissä käytettävissä oleva hiili. Näitä aineita tarvitaan kasvuun moolisuhteessa C:N:P = 106:16:1, jolloin niukimpana esiintyvä ns. minimiravinne säätelee kasvua. Minimiravinteiden poisto jätevedestä on ensiarvoisen tärkeää, mutta tulee myös ottaa huomioon, että ravinteiden tasapaino vesistöissä voi muuttua. Joskus minimiravinne vaihtelee vuodenaikojen mukaan ja joskus vesistöt ovat yhteisrajoitteisia, jolloin kaikkien perustuotannon osatekijöiden rajoittaminen on tärkeää.

Yleistäen voidaan sanoa, että Suomen sisävesissä perustuotannon minimiravinteena on fosfori ja merialueilla typpi. Kuitenkin myös järvet voivat olla typpi- tai yhteisrajoitteisia ja merialueet fosforirajoitteisia, kuten esimerkiksi vähäsuolainen Perämeren alue, joka on pääasiassa fosforirajoitteinen. Tamminen ja Andersson (2007) esittävät artikkelissaan laajaan näytteenottoon perustuneen minimiravinnetutkimuksen tulokset kuudessa tutkimuspisteessä, jotka sijaitsivat eri merialueilla. Selkämerellä ja Suomenlahdella sijainneissa tutkimuspisteissä vedet ovat selvästi typpirajoitteisia joko koko kasvukauden tai vain kesäkuukausien ajan.

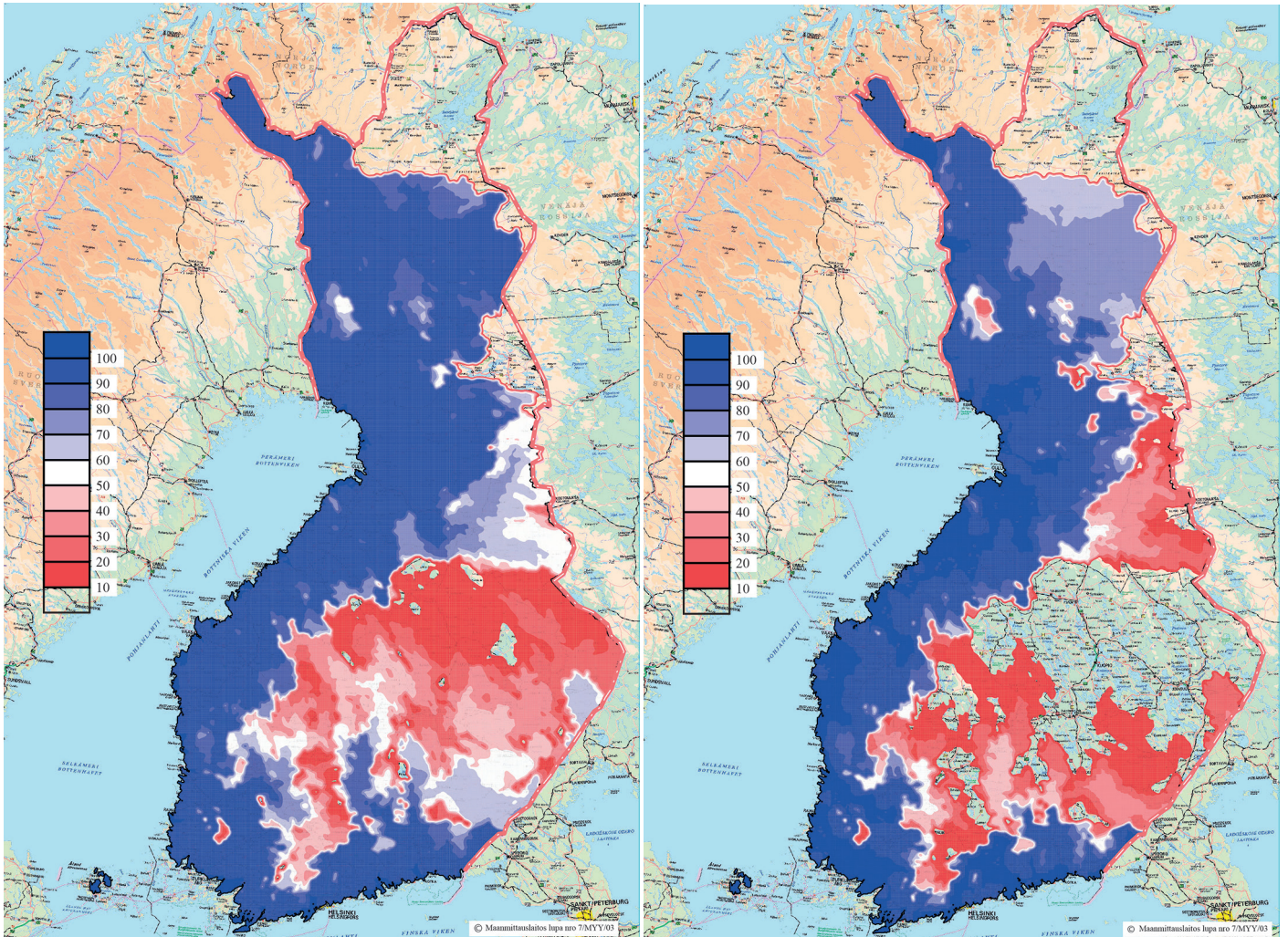
Vesistön minimiravinnetta voidaan arvioida leväkasvatuskokeilla tai määrittämällä pintaveden ravinteiden pitoisuudet ja tarkistelemalla niiden suhdetta. Kasvuun vaikuttavat kuitenkin monet muutkin tekijät kuin ravinnesuhteet, esimerkiksi sopiva lämpötila ja valaistusolosuhteet. Lisäksi ravinteiden arvioiminen pintavedestä ei kerro kuinka paljon pohjasedimenttiin tai biomassaan on sitoutunut ravinteita ja mikä on pohjan happitilanne sekä kuinka hyvin ravinteet voivat vapautua sedimentistä liukoiseen muotoon ja aiheuttaa sisäistä kuormitusta. Minimiravinteiden määrittämisestä kertovat tarkemmin Pietiläinen ym. (2008) Suomen ympäristökeskuksen julkaisussa ”Yhdyskuntien typpikuormitus ja pintavesien tila”.

Ravinteiden pidättyminen vesistöissä

Yksin minimiravinteiden perusteella ei voida arvioida typenpoiston tarpeellisuutta, vaan arvioissa on otettava huomioon myös ravinteiden kulkeutuminen. Vesistöön päästessään ravinteet joko pidättyvät vastaanottavaan vesistöön tai kulkeutuvat vesistöissä eteenpäin liukoisessa muodossa tai kiintoaineeseen sitoutuneena. Todennäköisimmin vesistöön pidättyy minimiravinnetta, jolloin esimerkiksi fosforirajoitteisista vesistöistä kulkeutuu eteenpäin pääasiassa typpeä.

Kuvassa 2 on esitetty Itämereen kulkeutuvien typen ja fosforin prosentuaaliset osuudet ravinnekuormituksesta. Punaisella merkityiltä alueilta kulkeutuminen on vähäistä, toisin sanoen suurin osa ravinteista pidättyy kyseiseen vesistöön. Sinisillä ja vaaleansinisillä alueilla pidättyminen on heikkoa ja suurin osa ravinteista kulkeutuu Itämereen. Rannikkoalueilla ravinnekuormasta päättyy Itämereen tyypillisesti 100 %.

Kuvan 2 aineisto löytyy SYKE:n julkaisusta ”Typen, fosforin ja kiintoaineksen pidättyminen vesistöissä – WSFS- Vemala-mallin arvio” (Huttunen ym. 2013). Raportista löytyvät yllä olevien pidättyvyyskarttojen lisäksi taulukoituina ravinteiden pidättymisen osuudet vähintään kymmenen hehtaarin järville.



Kuva 2. Itämereen päätyvät prosentuaaliset osuudet ravinnekuormituksesta. Typen osuudet oikean puoleisessa kuvassa ja fosforin osuudet vasemmalla (Huttunen ym 2013).

2.2

Ilmastonmuutoksen vaikutukset vesistöihin ja jätevedenpuhdistukseen

Merkittävimmät ilmaston vaikutukset Suomen vesistöihin ovat lämpötilavaihteluiden aiheuttamat järvien kerrostuneisuus, syys- ja kevättäyskierrot sekä jääpeite. Järvien kerrostuneisuus ja jääpeite voivat aiheuttaa järvisyvänteissä ajoittaista happikatoa, mikä vaikuttaa järven eliöstöön sekä ajan saatossa aiheuttaa järven sisäistä kuormitusta, eli pohjasedimenttiin kertyneen fosforin vapautumista liukoiseen muotoon ja uudelleen eliöiden käyttöön. Syys- ja kevättäyskierrot parantavat pohjan happitilannetta ja ehkäisevät osaltaan fosforin vapautumista. Vuodenaikojen vaihtelu vaikuttaa vesistöihin myös syysateiden ja lumien sulamisen myötä. Valumavedet tuovat mukanaan vesistöön runsaasti kiintoainetta ja orgaanista ainetta.

Ilmastonmuutoksen arvellaan voimistavan sään ääri-ilmiöitä eri vuodenaikoina. Lämpötilan nousu ja kuivat kaudet lisääntyvät kesällä, mikä todennäköisesti muuttaa elinolosuhteita vesistöissä ja lisää vesien rehevöitymistä. Rankkasateiden arvioidaan voimistuvan ja yleistyvän, ja sitä kautta valunnan lisääntyvän etenkin syksyllä ja tal-

vella. Maaperän arvioidaan pysyvän sulana pidempään ja jääpeitteen muodostuvan vesistöihin myöhemmin syksyllä. Tämä lisää rankkasateiden vesistöihin kuljettamaa orgaanisen aineen, kiintoaineen ja ravinteiden määrää, ja siten osaltaan vesistöjen kuormitusta. Rankkasateiden myötä myös tulvariski voi kasvaa sellaisillakin alueilla, joilla riskiä ei vielä nykyään ole. Etenkin sekaviemäreissä riski jäteveden ylivuodoille ja hallitsemattomalle vesistöihin päätymiselle kasvaa tulvien seurauksena. Lisäksi rankkasateiden voimistuessa talvisin virtaamat kasvavat ja jätevedenpuhdistamolle tulevan veden lämpötila laskee sekaviemäröidyissä verkostoissa, mikä voi hankaloittaa etenkin typenpoistoa. Vienonen ym. (2012) ovat SYKEN julkaisussa tarkastelleet ilmastonmuutoksen vaikutuksia ja sopeutumistarpeita vesihuollossa.

2.3

Jätevedenpuhdistuksen ympäristövaikutukset

Yhdyskuntien jätevedenkäsittely aiheuttaa päästöjä pääasiassa veteen. Lisäksi toiminnasta syntyy melua ja hajua sekä kiintoa jätevirtoja. Tenhunen ym. (2000) ovat vesihuollon elinkaaritutkimuksessa selvittäneet jätevesien ja niiden käsittelyn kokonaisvaikutuksia ympäristöön. Seuraavassa on lyhyesti kuvattu yhdyskuntien jätevedenkäsittelystä aiheutuvien päästöjen ympäristövaikutuksia painottuen vesistövaikutuksiin.

2.3.1

Jätevesien vesistövaikutukset

Yhdyskuntien jätevesien mukana vesistöihin pääsee kiintoainetta, ravinteita, mikrobeja ja haitallisia aineita, jotka aiheuttavat rehevöitymistä, kuluttavat happea ja heikentävät veden laatua sekä hygieniatasoa. Vesistövaikutuksen suuruus riippuu puhdistamon sijainnista, kapasiteetista ja puhdistustehosta sekä vastaanottavan vesistön luonteesta. Jäteveden käsittelyn tehostuminen on selvästi pienentänyt yhdyskuntien aiheuttamaa vesistökuormitusta erityisesti orgaanisen aineen ja fosforin osalta, joiden puhdistustehot ovat nykyisin 95 % suuruusluokkaa.

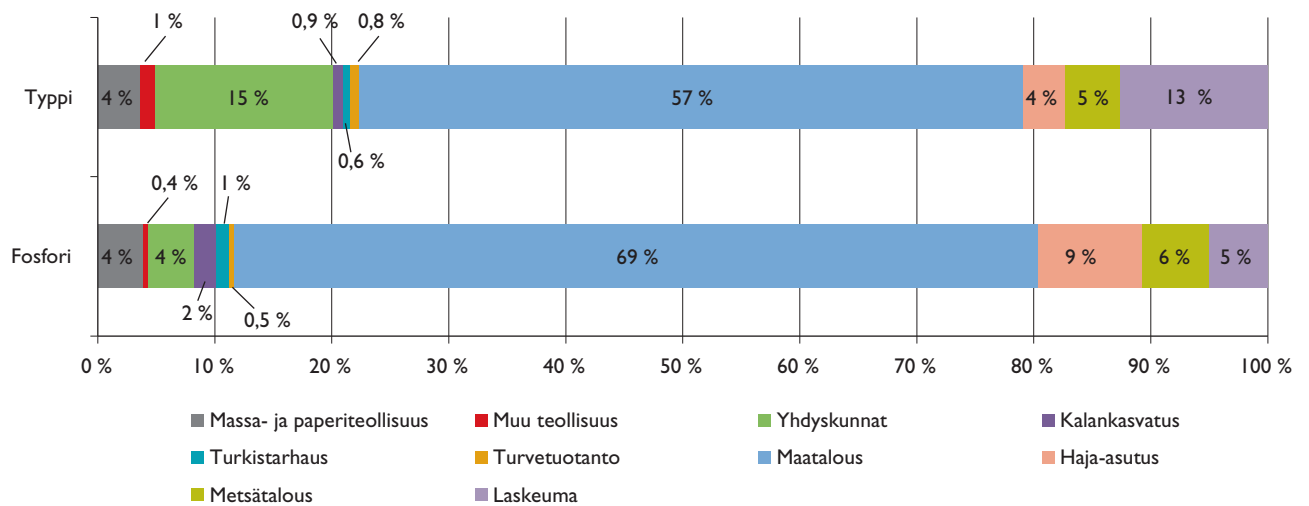
Ravinnekuormitus ja rehevöityminen

Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoiden aiheuttama kuormitus vesistöihin oli vuonna 2011 kokonaisfosforin osalta 155 tonnia ja typen osalta 10 600 tonnia, mikä on 4 % ja 15 % kokonaiskuormituksesta (Kuva 3). Kokonaiskuormitus, johon lasketaan mukaan sekä haja- että pistekuormitus, oli vuonna 2011 fosforin osalta 3 800 tonnia ja typen osalta 61 000 tonnia, mistä suurin osa on peräisin maataloudesta. Vakavin ongelma typen ja fosforin joutumisessa vesistöön on niiden aiheuttama rehevöityminen.

Rehevöityminen ilmenee lisääntyneenä levämassan kasvuna ja sen hajoamisesta johtuvana lisääntyneenä hapenkulutuksena. Huono happitilanne voi aiheuttaa kalakuolemia ja sisäistä kuormitusta eli sedimentoituneiden ravinteiden liukenemista pohjasedimentistä takaisin kiertoön ja levien käyttöön. Muita rehevöitymiseen liittyviä haittavaikutuksia ovat veden samentuminen, joidenkin levien toksisuus ja muut levien kasvusta aiheutuvat haitat, jotka vähentävät vesien virkistyskäyttämällisyyksiä.

Kiintoaine

Jäteveden sisältämä kiintoaine aiheuttaa vastaanottavassa vesistössä samentumista sekä rantojen ja pohjasedimentin liettymistä. Kiintoaineessa on sitoutuneena fosforia



Kuva 3. Piste ja hajakuormituksen eri päästölähteiden osuus fosfori- ja typpikuormituksesta 2011.

ja orgaanista ainesta, jotka ympäristöön päästessään saattavat siirtyä liukoiseen muotoon, edesauttaa rehevöitymistä ja lisätä hapenkulutusta. Kiintoaineen kulkeutumista eteenpäin vesistöissä on mallinnettu Vemala -mallilla. (Huttunen ym. 2013)

Hapenkulutus

Ravinteiden aiheuttaman rehevöitymisen lisäksi jätevesissä on happea suoraan kuluttavia aineita. Merkittävimmät näistä ovat orgaaninen aines ja ammoniumtyppi. Orgaaninen aines, jota kuvataan suureella biologinen hapenkulutus BHK₇ (ATU) kuluttaa happea bakteeritoiminnan tuloksena, kun luontainen bakteeritoiminta hajottaa ja käyttää orgaanista ainesta ravintonaan. Ammoniumtyppi (NH₄-N) kuluttaa happea nitrifikaatioprosessin aikana hapettuessaan nitraatiksi. Nitrifikaatio riippuu voimakkaasti lämpötilasta ja se on vesistöissä suurimmillaan etenkin kesäajan lämpimissä vesissä ja pienimmillään talviaikana vesistöjen kylmissä vesimassoissa. Hapenkulutusta mitataan myös kemiallisena hapenkulutuksena, KHK mgO₂/l, johon sisältyy myös vaikeammin hajoavan aineksen aiheuttama hapenkulutus.

Haitalliset aineet

Haitallisilla aineilla tarkoitetaan tietoisesti tuotettuja kemikaaleja, prosesseissa tahattomasti syntyviä yhdisteitä, kuten PAH-yhdisteet ja dioksiinit, ja ympäristössä luonnostaan esiintyviä aineita kuten raskasmetallit, joilla on todettu tai epäillään olevan haitallisia vaikutuksia ympäristöön tai ihmisiin.

Yhdyskuntien jätevesi sisältää kotitalouksista tai tuotanto- ja palvelutoiminnasta peräisin olevia vaarallisia ja haitallisia yhdisteitä. Päästöt tuotantolaitoksista ovat monissa tapauksissa vähentyneet, mikä antaa muille haitallisten aineiden päästölähteille entistä suuremman merkityksen. Tällaisia päästölähteitä ovat esimerkiksi kotitalouksissa käytetyt kemikaalit kuten lääkkeet, kosmetiikka ja muut kulutustuotteet, terveydenhuollosta peräisin olevat haitalliset aineet sekä muut hajapäästöt. Näiden haitallisten aineiden määrä ja vaikutukset eivät ole täysin tiedossa. Haitallisten, erityisesti pysyvien, kertyvien ja myrkyllisten, aineiden esiintymistä jätevedessä ja niiden vaikutuksia ja esiintymistä vesistöissä selvitetään entistä enemmän. Puhdis-

tamokohtaista päästötietoa on nykyisin varsin harvoista aineista. Kattavimmin tietoa on raskasmetalleista.

Julkaisussa "Vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annettujen säädösten soveltaminen - kuvaus hyvistä käytännöistä" (Karvonen ym. 2012) on listattu vesipuitteidirektiivin mukaisia vaarallisia ja haitallisia aineita, joiden esiintymistä tulee selvittää yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoiden puhdistetussa jätevedessä.

Jätevesien vaikutus vesistön hygieeniseen tilaan

Jätevedenpuhdistamoiden biologiset prosessit poistavat tehokkaasti taudinaiheuttajia. Käsitellyssä jätevedessä on kuitenkin edelleen jäljellä runsaasti tauteja aiheuttavia mikrobeja. Useimmat näistä eivät säily pitkään vesistöissä, sillä kasvuolosuhteet luonnonvesissä ovat niille epäedulliset ja ajan myötä ne kuolevat. Virukset, kuten noro- ja rotavirus, kulkeutuvat osittain puhdistusprosessin läpi, ovat hyvin kestäviä myös vesistössä ja ovat aiheuttaneet vesiepidemioita.

Vesistöjen hygieeniseen laatuun ja hygienisoinnin tarpeeseen kohdistuu entistä enemmän mielenkiintoa. Puhdistetun jäteveden ja mahdollisten ohitusvesien purkupisteet on valittava huolellisesti, sillä purkupiste ja siellä vallitsevat sekoittumis- ja laimentumisolosuhteet vaikuttavat merkittävästi vesistöjen hygieeniseen tilaan. Purkupisteen valinnassa tulee ottaa huomioon vastaanottavan vesistön virtaama, veden vaihtuvuus ja alajuoksun käyttötarkoitukset. Tehokkaan biologisen puhdistuksen jälkeen jätevesi voidaan tavallisesti johtaa avomerelle, ulappa-alueelle tai muutoin hyvin purkuvesistöön sekoittuvaan paikkaan ilman, että vesien hyöty- tai virkistyskäyttömahdollisuudet vähenisivät. Sen sijaan jos jätevesien purkukohta on uimarannan tai vedenottamon läheisyydessä ja sekoittuminen purkuvesistöön on huonoa, tulisi jäteveden terveysvaikutuksia ja hygienisointitarvetta arvioida.

2.3.2

Jätevesien muut ympäristövaikutukset

Melu ja haju

Jätevedenpuhdistamolta voi aiheutua melu- tai hajuhaittoja lähiympäristöön. Melua aiheutuu pääasiassa prosessilaitteista, esimerkiksi kompressoreista ja ilmanvaihdosta, sekä puhdistamoalueelle tulevasta liikenteestä, yleensä lietteen kuljetuksesta ja sakokaivolietteen tuonnista. Hajuhaittoja aiheutuu eniten esikäsitteystä ja lietteen käsittelystä. Molempia haittoja voidaan pienentää sijoittamalla prosessiosia sisätiloihin ja välttämällä asutuksen rakentamista puhdistamon läheisyyteen.

Melutason raja-arvo on ympäristöluvuissa yleisesti määritetty valtioneuvoston päätöksen (993/1992) 2 § mukaisesti, jossa säädetään seuraavasti: "Asumiseen käytettävillä alueilla, virkistysalueilla taajamissa ja taajamien välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai oppilaitoksia palvelevilla alueilla on ohjeena, että melutaso ei saa ylittää ulkona melun A-painotetun ekvivalenttitason (LA_{eq}) päiväohjearvoa (klo 7-22) 55 dB eikä yöohjearvoa (klo 22-7) 50 dB.". Hajupäästöjen rajoitukset ovat yleensä sanallisia ja niissä on tavoitteena, että puhdistamotoiminnan hajupäästöjä aiheutuu "mahdollisimman vähän."

Kiinteät jätteet

Suurimmat kiinteän jätteen virrat jätevedenpuhdistamolla syntyvät jätevedestä poistetusta materiaalista. Puhdistamoilta lähtevät jätevedenpuhdistuksesta aiheutuneet kiinteät materiaali- ja virtat ovat puhdistamoliete, välpe ja hiekka, joiden loppusijoitusta ja hyötykäyttöä ohjaavat jäte- ja lannoitevalmistelainsäädäntö.

Muista toiminnoista ja puhdistamon ylläpidosta aiheutuu tavallista yhdyskuntajätettä ja lisäksi metalliromua ja vaaralliseksi luokiteltavaa jätettä. Vaaralliset jätteet, kuten puhdistamon ylläpitoon tarvittavat kemikaali- ja voiteluainejätteet tulee lajitella, säilyttää ja käsitellä asianmukaisesti paikallisten jätehuoltomääräysten edellyttämällä tavalla.

2.3.3

Vaikutukset ilman laatuun ja ilmastoon

Jätevedenpuhdistamolta ilmaan aiheutuneet päästöt eivät sisällä vaarallisia määriä terveydelle akuutisti haitallisia aineita. Suurimmat kasvihuonekaasupäästöt aiheutuvat prosessista haihtuvista kasvihuonekaasuista ja olivat vuonna 2007 alle 0,5 % kaikista Suomen kasvihuonekaasupäästöistä (Tukiainen 2009). Jätevedenpuhdistuksen ilmastovaikutuksia voidaan pienentää parhaiten energiankäytön optimoinnilla ja mädätyksessä syntyvän biokaasun käytön lisäämisellä.

Muutamalla suomalaisella laitoksella jäteveden käsittelyprosessin jälkeen on toteutettu lämmön talteenotto. Tällä vähennetään välillisesti ilmastohaittoja kokonaisenergiankulutuksen vähentyessä.

Aerosolien muodostumista voidaan ehkäistä hyvällä suunnittelulla sekä varustamalla aerosoleja muodostavat laitteet kohdesuojilla. Aikaisemmin erityisesti aerosoleja muodostaneita pintailmastimia ei juuri ole enää käytössä.

2.4

Yhdyskuntien jätevedenpuhdistusta koskeva lainsäädäntö

Tässä kappaleessa esitellään lyhyesti kansallista ja EU-tason lainsäädäntöä, joita sovelletaan yhdyskuntien jätevedenpuhdistukseen, jätevesilietteisiin ja BAT-käsittelyn määrittelyyn ja käyttöön. Lisäksi käsitellään HELCOMin suosituksia sekä kansallinen suositussopimus, jotka kannattaa muistaa lupamääräyksiä asetettaessa.

2.4.1

EU:n direktiivit ja asetukset

Euroopan yhteisön neuvoston direktiivi yhdyskuntajätevesien käsittelystä (91/271/ETY) eli yhdyskuntajätevesidirektiivi

Yhdyskuntajätevesidirektiivin tavoitteena on suojella ympäristöä yhdyskuntajätevesien haitallisilta vaikutuksilta. Direktiivi koskee yhdyskuntajätevesien keräilyä, käsittelyä ja vesistöön johtamista sekä tiettyjen teollisuusalojen jätevesien käsittelyä ja vesistöön johtamista.

Yhdyskuntajätevesidirektiivi saatettiin Suomessa voimaan aluksi valtioneuvoston päätöksellä yleisistä viemäreistä ja eräiltä teollisuudenaloilta vesiin johdettavien jätevesien sekä teollisuudesta yleiseen viemäriin johdettavien jätevesien käsittelystä (365/1994) ja sittemmin tämän päätöksen korvasi valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä (888/2006). Tämän lisäksi direktiiviä on pantu voimaan eräillä ympäristönsuojelulain ja -asetuksen säännöksillä.

Direktiivin mukaan kaikissa jäsenvaltion taajamissa, joiden asukasvastineluku (avl) on suurempi kuin 2000, on oltava viemäröintijärjestelmä ja kaikki viemäröidyt jätevedet on käsiteltävä direktiivin vaatimusten mukaisesti. Koska Suomessa kaikki vedet on säädetty haavoittumiselle alttiiksi, on jätevedet käsiteltävä biologisesti tai sitä vastaavalla tavalla ja lisäksi jätevesistä on poistettava tehostetusti joko fosforia tai typpeä tai kumpaakin, riippuen paikallisista olosuhteista. Suomessa edellytetään,

että kaikilla puhdistamoilla on toteutettava tehostettu fosforinpoisto. Typen poiston tarve selvitetään tapauskohtaisesti ympäristöluvassa paikallisten olosuhteiden perusteella. Direktiivin mukaiset vaatimukset ympäristöön johdettavalle jätevedelle on esitetty taulukossa 1.

Biologisen hapenkulutuksen osalta direktiivin BHK₅(ATU)-määritys on Suomen säännöksissä vaihdettu BHK₇(ATU)-määritykseen, mutta käsittelyvaatimusten numeroarvot eivät poikkea direktiivistä. Myöhemmin esiteltävä yhdyskuntajätevesiasetuksen (888/2006) vaatimukset ovat siis biologisen hapenkulutuksen osalta yhdyskuntajätevesidirektiiviä tiukemmat.

Taulukko 1. Yhdyskuntajätevesidirektiivin (91/271/ETY) mukaiset päästötasot jätevedelle. Sovellaan pitoisuuden tai käsittelytason vaatimuksia.

	Pitoisuus (mg/l)	Poistoteho vähintään (%)
Biologinen hapenkulutus (BHK ₅)	25	70 – 90 40 (avl > 10 000)
Kemiallinen hapenkulutus (KHK)	125	75
Kiintoaine	35* (avl > 10 000) 60 (avl 2000 – 10 000)	90* (avl > 10 000) 70 (avl 2000 – 10 000)
Kokonaisfosfori	2 (avl 10 000 – 100 000) 1 (avl > 100 000)	80
Kokonaistyyppi	15 (avl 10 000 – 100 000) 10** (avl > 100 000)	70 – 80

* Tämä vaatimus on valinnainen.

** Vaihtoehtoisesti päivittäinen keskiarvo ei saa olla suurempi kuin 20 mg/l. Tämä vaatimus koskee biologista käsittelyä, kun veden lämpötila on vähintään 12 °C. Lämpötilaa koskevan edellytyksen sijasta on mahdollista rajoittaa laitoksen toiminta-aikaa ottaen huomioon alueelliset ilmastotiedot. Tätä vaihtoehtoa sovelletaan, jos tarkkailun voidaan osoittaa direktiivin liitteessä I olevan D kohdan I alakohdan mukaisesti tuottavan samanlaisia tuloksia kuin direktiivissä esitetyt tarkkailumenetelmät.

Vuonna 2009 EY-tuomioistuin tarkensi paikallisten ja valuma-alueiden olosuhteiden huomioon ottamista direktiivin typpivaatimusten osalta. Ratkaisun mukaan enintään 30 % puhdistamattomien jätevesien tyyppistä voi kulkeutua tyyppistä rehevöityviin vesiin. Määrää laskettaessa otetaan huomioon ennen tyyppistä rehevöityviä vesiä tapahtuvat typpipoistumat jätevesien puhdistuksen ja typen pidättymisen yhteisvaikutuksena.

Direktiivissä on esitetty myös puhdistamoiden toiminnan tarkkailulle vähimmäisvaatimukset. Käsittelytason toteutumisen tarkkailemiseksi on eri puhdistamokokoluokille asetettu vähimmäismäärä näytteitä (Taulukko 2), joiden tulee täyttää vaatimukset.

Taulukko 2. Yhdyskuntajätevesidirektiivissä (91/271/ETY) määrätty jätevedenpuhdistamoilta otettavien näytteiden vuotuinen vähimmäismäärä.

Avl	Näytteitä (kpl)
2 000 – 9 999	12 ensimmäisen vuoden aikana, 4 seuraavina vuosina, jos direktiivin vaatimukset täyttyvät
10 000 – 49 999	12
vähintään 50 000	24

Direktiivin noudattamiseksi vaatimusten tulee toteutua sekä puhdistustuloksen, että näytteiden vähimmäismäärän osalta. Mikäli vaatimukset eivät toteudu, voi komissio käynnistää rikkomista koskevan valvontamenettelyn jäsenvaltiota vastaan.

Euroopan unionin direktiivi yhteisön vesipolitiikan puitteista (2000/60/EY) eli vesipuittdirektiivi

Euroopan unionin direktiivin yhteisön vesipolitiikan puitteista on tarkoitus yhtenäistää vesiensuojelua, ehkäistä pinta- ja pohjavesien tilan heikkeneminen ja saavuttaa niissä hyvä tila vuoteen 2015 mennessä. Tavoitteena on pintavesien hyvä tila ja pohjavesien hyvä määrällinen ja kemiallinen tila heikentämättä erinomaisiksi tai hyviksi arvioitujen vesien tilaa. Joulukuussa 2004 hyväksytty laki vesienhoidon järjestämisestä sekä kolme muuta lakimuutosta toteuttavat vesipuittdirektiivin Suomessa. Yksi tavoitteista on tehostaa vesiensuojelua pilaavien ja vaarallisten, eli prioriteettiaineiden päästöjä vähentämällä.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi ympäristölaatuunormeista vesipolitiikan alalla (2008/105/EY) eli prioriteettiainedirektiivi

Prioriteettiainedirektiivin tavoitteena vähentää asteittain haitallisista EU:n prioriteettiaineista aiheutuvaa pilaantumista sekä lopettaa kerralla tai vaiheittain vaarallisten EU:n prioriteettiaineiden päästöt ja häviöt. Prioriteettiainedirektiivissä asetetaan vesipuittdirektiivin tavoitteiden mukaiset ympäristölaatunormit, jotka määräävät 33 prioriteettiaineelle ja 8 muulle aineelle suurimman sallitun vuosikeskiarvon (AA-EQS) ja hetkellisen pitoisuuden (MAC-EQS) pintavesissä.

Prioriteettiainedirektiivin päivityksessä (2013/39/EU) asetettiin 7 vanhalle EU:n prioriteettiaineelle tiukennetut ympäristölaatunormit ja lisättiin ainelistaan 12 uutta EU:n prioriteettiainetta ja niille ympäristölaatunormit. Näitä aineita koskevat määräykset tulevat voimaan 22.12.2018.

Lisäksi jäsenvaltioiden tulee aloittaa pintavesien seuranta, jolla kerätään tietoa uusista aineista, jotka komissio mahdollisesti esittää sisällytettäväksi direktiiviin uusiksi prioriteettiaineiksi (ns. tarkkailulistan aineet). Ensimmäiselle tarkkailulistalle tullaan valitsemaan 10 ainetta.

Prioriteettiainedirektiivi on toimeenpantu suomalaiseen lainsäädäntöön valtioneuvoston asetuksessa vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi ympäristön pilaantumisen ehkäisemisen ja vähentämisen yhtenäistämiseksi (2008/1/EY) eli IPPC-direktiivi

IPPC-direktiivi (integrated pollution prevention and control direktiivi) tähtää ympäristöön kohdistuvien päästöjen vähentämiseen ympäristöluvituksen keinoin. Direktiivissä määritellään BAT ja sen käyttö. Direktiivi on implementoitu Suomen lainsäädäntöön ympäristönsuojelulaissa ja -asetuksessa. Alkuperäistä IPPC-direktiiviä (96/61/EC) on ajan kuluessa revisioitu, ja viimeisin versio on saanut koodin (2008/1/EC), joka jääkin viimeiseksi IPPC-direktiivin versioksi, sillä sen korvaa vuonna 2010 annettu IE-direktiivi.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi teollisuuden päästöistä (2010/75/EU) eli IE-direktiivi

IE-direktiivin (industrial emissions) tarkoituksena on minimoida teollisuudesta aiheutuvat päästöt EU:n alueella. Siihen on sisällytetty IPPC-direktiivi ja sen lisäksi useita muitakin päästöjä koskevia direktiivejä. Myös BAT:n määritelmään tulee IE-direktiivissä muutamia tarkennuksia. Suurin muutos BAT:n osalta on, että IE-direktiivi täsmentää BAT:n soveltamista lupaharkinnassa siten, että BAT-vertailuasiakirjojen BAT-päätelmiin sisältyvät päästötasot muuttuvat sitoviksi. IE-direktiivin implementointi Suomen lainsäädäntöön tapahtuu ympäristönsuojelulain uudistuksen kautta.

Direktiiviä sovelletaan direktiivin liitteessä 1 luetelluilla toimialoilla. Niihin ei Yhdyskuntajätevesidirektiivin (91/271/EY) piirissä oleva yhdyskuntajätevesien puhdistus lukeudu. Siten tässä BAT-selvityksessä mainittavat raja-arvot eivät ole sitovia vaan suuntaa-antavia. Selvityksellä arvioidaan kansallisesti ympäristönsuojelulain mukaista parasta käyttökelpoista tekniikkaa ja sen tavoitteena on tehostaa ja yhtenäistää ympäristölupien käsittelyä sekä parantaa lupamääräysten ennakoitavuutta.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus epäpuhtauksien päästöjä ja siirtoja koskevan eurooppalaisen rekisterin perustamisesta (166/2006/ETY) eli E-PRTR-asetus

E-PRTR-asetuksella (European Pollutant Release and Transfer Register) säädetyn Euroopan päästö- ja siirtorekisterin (E-PRTR-rekisterin) tarkoituksena on lisätä ympäristötietoutta ja parantaa ympäristön tilaa koskevan tiedon välitystä ja läpinäkyvyyttä, jotta yleisöllä olisi mahdollisuus vaikuttaa sosiaalisiin, taloudellisiin ja terveyttä koskeviin kehityssuuntiin. Asetus perustuu EU-päätökseen 1600/2002/EY. E-PRTR-rekisteri korvasi aikaisemmin käytössä olleen EPER-rekisterin (European Pollutant Emission Register) ja on Suomessa toimeenpantu VAHTI -tietojärjestelmään liittyvänä osana. Rekisteriin kerätään tietoja asetuksen liitteessä I määriteltyjen toimialojen päästöistä ilmaan, veteen ja maaperään liitteen II mukaisten 91 aineen osalta, jotka ylittävät määritetyn sovelletun kynnsarvon. Tiedot on ilmoitettava toimivaltaiselle viranomaiselle vuosittain.

Yhdyskuntajätevesien osalta raportointivelvollisuus on asukasvastineluvultaan yli 100 000 avl käsittelylaitoksilla ja mahdollisesti ilmoitettavia aineita ovat mm. kokonaistyyppi ja -fosfori, orgaanisen hiilen määrä (TOC), raskasmetallit, haihtuvat klooratut hiilivedyt ja pestisidit. Esimerkiksi kokonaisfosforin veteen kohdistuvien päästöjen kynnsarvo on 5 000 kg vuodessa ja kokonaistypen 50 000 kg vuodessa. Lisäksi tulee ilmoittaa laitospäästöjen ulkopuolelle lähtevät määrältään 2 000 tonnia vuodessa ylittävät siirrot sekä vaarallisten jätteiden siirrot, joiden määrä ylittää 2 tonnia vuodessa.

2.4.2

Kansallinen lainsäädäntö

Ympäristönsuojelulaki (86/2000) ja ympäristönsuojeluasetus (169/2000)

Ympäristönsuojelulain päätavoitteena on ehkäistä ympäristön pilaantumista. Lain mukaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavalla toiminnalla tulee olla ympäristölupa ja yhdyskuntajätevesien osalta lupavelvollisia ovat puhdistamot, joiden avl on vähintään 100. Yhdyskuntajätevedenpuhdistamoa koskevassa hakemuksessa on oltava selvitys muun muassa asukasvastineluvusta ja typenpoiston tarpeesta. Lupahakemuksen sisällöstä säädetään tarkemmin ympäristönsuojeluasetuksessa. Lupaviranomaisena toimii aluehallintovirasto (AVI).

Yksi ympäristönsuojelulain yleisistä periaatteista on parhaan käyttökelpoisen tekniikan periaate, eli lupamääräysten tulee perustua parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan. Asetuksessa määrätään, että hakemukseen on liitettävä arvio parhaan käyttökelpoisen tekniikan soveltamisesta suunnitellussa toiminnassa. Arvioinnissa huomioon otettavat asiat on lueteltu asetuksen 37 §:ssä, joista yhdyskuntajätevesien käsittelyssä merkittävimpiä ovat muodostuvien päästöjen laatu, määrä ja vaikutus, energian käytön tehokkuus, toimintaan liittyvien riskien ja onnettomuusvaarojen ennaltaehkäisy sekä toiminnan kaikki vaikutukset ympäristöön. Arvioinnissa on otettava huomioon myös osatekijöiden yhteisvaikutus, päästöjen ehkäisemisen ja rajoittamisen kustannukset ja hyödyt sekä tekniikan ja luonnontieteellisen tiedon

kehitys. Yhdyskuntien jätevedenpuhdistuksen osalta listauksen kohdan 12 mukaisia julkaisuja ei tämän selvityksen lisäksi ole saatavilla.

Ympäristönsuojelulaissa määrätään ja -asetuksessa tarkennetaan myös viemäriin johdettavien teollisuusjätevesien esikäsittelyä, jotta niistä aiheutuvat haitat ympäristölle tai puhdistusprosessille saadaan ehkäistyä. Teollisuusvesistä aiheutuviin päästöihin liittyvät päästöraja-arvot, -määräykset ja -tarkkailu tulee sisällyttää ympäristölupaan.

Ympäristöluvassa tulee antaa myös määräykset toiminnan käyttötarkkailusta, jonka avulla seurataan toiminnasta aiheutuvia päästöjä ja toiminnan vaikutuksia. Tarkkailua voidaan hoitaa myös ns. yhteistarkkailulla, jolloin useat alueen ympäristöluvan varaiset laitokset tarkkailevat yhdessä toimintojensa vaikutusta. Luvassa on määrättävä tarkkailussa käytettävistä mittausmenetelmistä, mittaustiheydestä, tulosten arvioinnista ja niiden raportoinnista valvontaviranomaiselle. Määräyksiä annettaessa tulee ottaa huomioon alueelliset vesien- ja merienhoitosuunnitelmat ja valtakunnalliset vesiensuojeluohjelmat, paikalliset olosuhteet sekä tekniset ja taloudelliset mahdollisuudet toteuttaa ympäristöhaittoja vähentäviä toimenpiteitä.

Parhaalla käyttökelpoisella tekniikalla (BAT) tarkoitetaan:

”mahdollisimman tehokkaita ja kehittyneitä, teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia tuotanto- ja puhdistusmenetelmiä ja toiminnan suunnittelu-, rakentamis-, ylläpito- sekä käyttötapoja, joilla voidaan ehkäistä toiminnan aiheuttama ympäristön pilaantuminen tai tehokkaimmin vähentää sitä.”

Ympäristönsuojelulaki (86/2000), 3 § kohta 4

Parhaan käyttökelpoisen tekniikan sisältöä arvioitaessa on otettava huomioon:

- 1) jätteiden määrän ja haitallisuuden vähentäminen;
- 2) käytettävien aineiden vaarallisuus sekä mahdollisuudet käyttää entistä haitattomampia aineita,
- 3) tuotannossa käytettyjen aineiden ja siinä syntyvien jätteiden uudelleenkäytön valmistelun, kierrätyksen ja muun hyödyntämisen mahdollisuus; (19.4.2012/180)
- 4) muodostuvien päästöjen laatu, määrä ja vaikutus;
- 5) käytettyjen raaka-aineiden laatu ja kulutus;
- 6) energian käytön tehokkuus;
- 7) toimintaan liittyvien riskien ja onnettomuusvaarojen ennaltaehkäisy sekä onnettomuuksien seurausten ehkäiseminen;
- 8) parhaan käyttökelpoisen tekniikan käyttöön ottamiseen liittyvä aika ja toiminnan suunnitellun aloittamisajankohdan merkitys sekä päästöjen ehkäisemisen ja rajoittamisen kustannukset ja hyödyt;
- 9) kaikki vaikutukset ympäristöön;
- 10) teollisessa mittakaavassa käytössä olevat tuotantoa ja päästöjen hallintaa koskevat menetelmät,
- 11) tekniikan ja luonnontieteellisen tiedon kehitys;
- 12) Euroopan yhteisöjen komission tai kansainvälisten toimielinten julkaisemat tiedot parhaasta käyttökelpoisesta tekniikasta.

Ympäristönsuojeluasetus (169/2000), 37 §

Ympäristönsuojelulain perusteella annettavissa lupapäätöksissä käytännöksi on muodostunut määrätä, että yhdyskuntajätevesipuhdistamoa ja sen piirissä olevaa viemäriverkostoa on käytettävä ja hoidettava niin, että käsiteltyjen jätevesien käsittelytehot ja päästöt vesistöön ohijuoksutukset, ylivuodot ja poikkeustilanteet mukaan lukien täyttävät laskentajaksokohtaisina keskiarvoina eli vuosi-, puolivuosi- tai neljännesvuosikeskiarvoina lupamääräyksissä asetetut pitoisuuden ja käsittelytehon raja-arvot.

Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä (888/2006)

Yhdyskuntajätevesidirektiivi on pantu täytäntöön valtioneuvoston asetuksella yhdyskuntajätevesistä. Asetusta sovelletaan ympäristönsuojelulain (86/2000) mukaisesti ympäristölupaa edellyttävään yhdyskuntajätevesien käsittelyyn ja johtamiseen vähintään 100 avl suuruisilla puhdistamoilla. Asetuksessa määrätään, että jätevedet on puhdistettava biologisesti tai sitä vastaavalla tavalla, jätevesistä on myös poistettava fosforia ja että typenpoiston tarve on selvitettävä. Typeä on poistettava silloin, kun typpikuorman vähentämisellä voidaan parantaa vesien tilaa. Asetuksessa annettut pitoisuus ja puhdistustehovaatimukset on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Yhdyskuntajätevesiasetuksen määrittämät vähimmäisvaatimukset eri parametreille.

	Pitoisuus (mg/l)	Poistoteho vähintään (%)
Biologinen hapenkulutus (BHK ₇)	30	70
Kemiallinen hapenkulutus (KHK)	125	75
Kiintoaine	35	90
Kokonaisfosfori	3 (avl < 2 000) 2 (avl 2 000 – 100 000) 1 (avl > 100 000)	80
Kokonaistyyppi	15** (avl 10 000 – 100 000) 10* (avl > 100 000)	70

** Pitoisuusarvot ovat vuosikeskiarvoja. Typeä koskevien vaatimusten mukaisuus saadaan kuitenkin varmistaa käyttämällä päivittäisiä keskiarvoja, jos voidaan osoittaa asetuksen liitteen I mukaisesti, että vastaava suojelun taso saavutetaan. Tällöin jokaisen 24 tunnin kokoomanäytteen kokonaistyyppipitoisuus voi olla enintään 20 mg/l, kun veden lämpötila laitoksen biologisessa prosessissa on vähintään 12 °C. Lämpötilarajan asettamisen sijasta voidaan rajoittaa typeä koskevien vaatimusten voimassaoloaikaa alueellisten ilmasto-olosuhteiden huomioon ottamiseksi.

Yhdyskuntajätevesiasetuksen mukaan jätevesistä on otettava edustavat virtaamaperusteiset 24 tunnin kokoomanäytteet. Näytteet on otettava säännöllisin väliajoin ja niiden vuotuinen vähimmäismäärä määräytyy puhdistamon koon mukaan (taulukko 4).

Taulukko 4. Yhdyskuntajätevesiasetuksessa määrätty jätevedenpuhdistamoilta otettavien näytteiden vuotuinen vähimmäismäärä.

Avl	Näytteitä (kpl)
enintään 499	2
500 – 1 999	4
2 000 – 9 999	12 ensimmäisen vuoden aikana, 4 seuraavina vuosina, jos direktiivin vaatimukset täyttyvät
10 000 – 49 999	12
vähintään 50 000	24

Asetuksessa määrätään viemäroinnistä, että taajamat on saatettava viemäroinnin ja vesihuoltolaitoksen toiminta-alueen piiriin. BAT-näkökulma laajennetaan kos-

kemaan myös viemärointiä: ”Jätevesiviemärien suunnittelussa, rakentamisessa ja ylläpidossa on otettava huomioon jäteveden käsittelyvaatimukset sekä käytettävä parasta käyttökelpoista tekniikkaa ja kiinnitettävä huomiota erityisesti yhdyskuntajätevesien määrään ja ominaisuuksiin, vuotojen estämiseen ja ylivuotovesistä aiheutuvaan vesien pilaantumisen rajoittamiseen”. Viemärointi ei kuitenkaan kuulu tämän selvityksen piiriin.

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006) ja sen muutos (868/2010)

Vesiympäristölle vaarallisia ja haitallisia aineita koskevan, ns. vaarallisten aineiden asetuksen tarkoituksena on suojella pintavesiä ja parantaa niiden laatua ehkäisemällä vaarallisista ja haitallisista aineista aiheutuvaa pilaantumista ja sen vaaraa. Asetuksen tavoitteena on lopettaa kerralla tai vaiheittain vesiympäristölle vaarallisten aineiden päästöt ja huuhtoutumat sekä vähentää vaiheittain haitallisten aineiden päästöjä ja huuhtoutumia. Tätä varten asetuksessa asetetaan päästökieltoja, päästöraja-arvoja sekä pintavesien ympäristölaatunormeja. Tavoitteena on lisäksi ehkäistä vesilaitoksen toiminnalle aiheutuvia haittoja, jotka johtuvat vaarallisten tai haitallisten aineiden päästöistä. Vaarallisten aineiden asetuksella säädetään vesipuitteidirektiivin liitteen X mukaisista EU:n prioriteettiaineista, joista osa on vesiympäristölle haitallisia ja osa vaarallisia (liite 1C) sekä 4 artiklan tarkoittamista kansallisista haitallisista aineista (liite 1D).

Ympäristöluvassa voidaan toiminnanharjoittajan hakemuksesta määrätä sekoitumisvyöhykkeestä, jolla yhden tai useamman liitteen 1 C ja D kohdassa tarkoitetun aineen pitoisuus voi ylittää mainitussa kohdassa esitetyn ympäristölaatu normin, jos muu osa pintavesimuodostumasta on kyseisten normien mukainen.

Jätelaki (646/2011) ja valtioneuvoston asetus jätteistä (179/2012)

Jätelainsäädännön uudistus vuonna 2011 toi uusia vaatimuksia puhdistamolle tuotavan sako- ja umpikaivolietteen siirtoasiakirjavaatimuksiin. Jätelaki määrittelee kotitalouksissa syntyneet sako- ja umpikaivolietteet yhdyskuntajätteeksi ja niiden kuljettamista varten on oltava kuljettajan laatima siirtoasiakirja. Sako- ja umpikaivolietteen kuljetusta hoitavan yhtiön on oltava jätehuoltorekisterissä ja lietteen siirtoasiakirjasta tulee käydä ilmi tiedot lietteen tuottajasta, siirrosta ja määrästä. Lisäksi tarvitaan jätteen nimike, vahvistus tietojen oikeellisuudesta. Siirtoasiakirja annetaan kuljetuksen päätteeksi vastaanottajalle allekirjoitettavaksi ja lietteen vastaanottajan on vahvistettava jätteen vastaanotto ja vastaanotetun jätteen määrä. Allekirjoituksen sijasta vastaanoton ja määrän kuittaus voidaan järjestää sähköisesti.

Myös puhdistamolietteen osalta kuljetus on järjestettävä asianmukaisesti ja lietteen määrästä, ominaisuuksista ja koostumuksesta on pidettävä kirjaa. Lietteen laadun määrittämisestä ja raportoinnista viranomaisille ohjeistetaan tarkemmin valtioneuvoston asetuksessa. Prosessissa syntyvän puhdistamolietteen osalta on valvontaviranomaiselle toimitettava vuosittain helmikuun loppuun mennessä yhteenveto asetuksen liitteessä 5 vaadituista tiedoista. Vähintään on toimitettava tiedot tuotetun lietteen määrästä, lietteen raskasmetalli- (kadmium, kromi, kupari, nikkeli, lyijy, sinkki, elohopea), kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuuksista, tiedot lietteen esikäsittelystä taudinaiheuttajien ja kasvintuhoojien vähentämiseksi sekä hyödynnetyn tai loppukäsittelyn lietteen määrä ja hyödyntämis- tai loppukäsittelytapa, mukaan lukien maanviljelykäyttöön toimitetun lietteen määrä. Tarvittaessa toimitetaan tiedot muiden haitallisten aineiden pitoisuuksista.

Puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä annettu valtioneuvoston päätös (282/1994) kumottiin jäteasetuksella. Maanviljelykäyttöön toimitettavan lietteen laa-

tua on seurattava käytön alkuaikana usein, mutta mikäli lietteen laatu ei vaihtelee, voidaan analysointitiheyttä harventaa asetuksen liitteen 5 taulukon mukaisesti. Analyysikerrat määräytyvät lietettä tuottavan puhdistamon koon mukaan. Puhdistamolietteen käyttöä maataloudessa säädelään tarkemmin MMM:n asetuksilla.

Lannoitevalmistelaki (539/2006)

Lannoitevalmistelain tarkoituksena on varmistaa, että Suomessa käytetään elintarviketuotannon ja ympäristön kannalta hyvälaatuisia ja turvallisia lannoitevalmisteita. Laissa käsitellyt jätevedenpuhdistamoiden lietteet kuuluvat sellaisenaan lannoitevalmisteena käytettävien sivutuotteiden tai orgaanisten maanparannusaineryhmään. Lannoitevalmisteella on oltava tyyppinimi, joiden hyväksymisestä ja listauksesta Suomessa vastaa Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. Evira vastaa myös toiminnanharjoittajien ilmoitusmenettelystä ja pitää listaa lannoitevalmisteita tuottavista tai käsittelevistä hyväksytyistä laitoksista. MMM:n asetuksilla säädetään tarkemmin lannoitetuotteiden tyyppinimistä ja lannoitevalmisteisiin liittyvän toiminnan harjoittamisesta.

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista (24/11) ja sen muutokset (12/12) ja (7/13)

Jätevesilietteiden käytöstä säädetään asetuksen 11a §. Lietteellä käsitetään sekä yhdyskuntien puhdistamoiden että haja-asutuksen lietteet. Jätevesilietteen käyttö on maataloudessa sallittu, mikäli lannoitevalmiste kuuluu määrättyyn tyyppinimiryhmään ja täyttää asetuksen vaatimukset, jotka koskevat esimerkiksi haitallisten aineiden pitoisuuksia ja enimmäiskuormituksia, viljelymaan pH:ta, lannoitettavaksi soveltuvia kasvityyppejä ja varoaikoja puhdistamolietteellä lannoitettuja peltojen käytölle. Haja-asutusalueilla lietteen käytölle on asetettu lievennyksiä, mikäli lietteen hyödyntäminen ei edellytä ympäristölupaa ja liete käsitellään stabiloimalla ja tarvittaessa hygienisoidaan.

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteita koskevan toiminnan harjoittamisesta ja sen valvonnasta (11/12)

Asetuksessa säädetään tarkemmin lannoitevalmisteiden ja niihin liittyvän toiminnan valvonnasta. Toiminnanharjoittajan on tehtävä ilmoitus Eviran virallisella lomakkeella toiminnan aloittamisesta, toiminnassa tapahtuvista muutoksista sekä toiminnan lopettamisesta. Ilmoituksen sisältö on kuvattu asetuksen liitteessä I ja ilmoituksen perusteella Evira rekisteröi toiminnanharjoittajat. Toiminnanharjoittajan tulee ylläpitää tiedostoa, jonka perusteella tuotteet ja raaka-aineet ovat eräkohtaisesti jäljitettävissä. Jätevesilietettä käytettäessä on tiedoston sisällettävä lisäksi: tiedot jätevesilietteen käsittelyprosessista taudinaiheuttajien ja kasvintuhoojien vähentämiseksi, käsitellyn lietteen käytöstä tehdyt sopimukset, käsitellyn lietteen vastaanottajat sekä paikat, joissa lietettä käytetään, sekä MMM asetuksen 24/11 liitteen V mukaisesti määritetyt viljelymaan laatua kuvaavat ominaisuudet. Toiminnanharjoittajan on myös suoritettava asianmukaista omavalvontaa, jota varten laadittavan omavalvontasuunnitelman sisältöä on kuvattu asetuksen liitteessä II.

Yhdyskuntien jätevedenpuhdistukseen liittyviä suosituksia

HELCOMin suositus 28E/5

Suosituksessaan 28E/5 HELCOM antaa tavoitteet Itämeren valuma-alueella oleville yli 300 avl:n yhdyskuntajätevedenpuhdistamoille taulukon 5 mukaisesti. (Katso asu-kasvastineluvun (avl) määrittely kappaleesta 3.1) Taulukossa reduktiot ovat suhteessa tulevan jäteveden kuormaan. Taulukosta puuttuvat yli 200 000 avl puhdistamoiden suositukset, mutta ovat samat kuin yli 100 000 puhdistamoiden, sillä erotuksella, että tavoitteiden määräaika oli asetettu vuoden 2010 loppuun.

Taulukko 5. HELCOMin suositukset päästöraja-arvoiksi Itämeren valuma-alueella.

Avl	300 - 2 000		2 000 - 10 000		10 000 - 100 000		> 100 000	
	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l
BHK ₅	80	25	80	15	80	15	80	15
P _{kok}	70	2 *	80	1 *	90	0,5 *	90	0,5 *
N _{kok}	30	35 **	30	---	70-80	15 **	70-80	10 **
Tavoitepvm	31.12.2018		31.12.2018		31.12.2015		31.12.2012	

* Kun päästö tapahtuu suoraan tai epäsuorasti merialueelle.

** Kun päästö tapahtuu suoraan tai epäsuorasti typpiherkälle merialueelle

Suositus sopimus yhdyskuntajätevesien pintavesiä rehevöittävän ravinnekuormituksen vähentämiseksi vuoteen 2015

Suositus sopimus on Ympäristöministeriön, Suomen kuntaliiton ja Vesilaitosyhdistyksen vuonna 2012 solmima sopimus, jonka tavoitteena on jätevedenpuhdistamoilta lähtevän ravinnekuorman vähentäminen fosforin osalta nykyisestä noin 170 tonnin vuosikuormituksesta alle 150 tonnin ja typen noin 11 000 tonnin vuosikuormituksesta alle 9 400 tonnin vuoteen 2015 mennessä.

Kuntien vesihuoltolaitokset pyrkivät tähän tavoitteeseen tehostamalla jätevesien puhdistusta omaehtoisesti. Jos laitos tehostaa jätevesien puhdistusta vapaaehtoisin toimin, sopimus suosittaa, että toimet otetaan huomioon lupamääräyksiä tarkistettaessa. Lupamääräysten kiristymisen sijaan parempi puhdistustulos saavutettaisiin vesihuoltolaitosten omaehtoisilla tehostamistoimilla.

3 Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoille tuleva kuormitus

Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoille tuleva jätevesi voi sisältää kotitalouksissa syntyvän jäteveden lisäksi merkittäviä määriä teollisuuslaitosten jätevesiä sekä hule- ja vuotovesiä. Lisäksi prosessia kuormittavat sisäisesti lietteenkäsittelyn rejektivedet ja prosessiyksiköiden kunnossapidosta aiheutuvat pesuvedet.

Puhdistamon suunnittelussa ja mitoituksessa otetaan huomioon virtaama, sen vaihtelut ja lisäksi puhdistamolle tuleva kuormitus asukasvastineluvuksi laskettuna. Asukasvastineluku (avl) on keskeinen suure, jonka perusteella määräytyvät jätevedenpuhdistamon jäännöspitoisuuden ja poistotehon raja-arvot sekä tarkkailuun sisältyvien näytteiden vuosittainen lukumäärä. Muita mitoitukseseen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi alueen hydrogeologiset olosuhteet, yhdyskuntarakenne, rakentamisen tavat, viemärintijärjestelmät, viemäriin liitetyn teollisuuden jätevesien laatu ja määrä sekä viemärirakenteiden kunto.

3.1

Asukasvastineluku

Puhdistamon asukasvastineluku (avl) ilmoitetaan ympäristöluvassa. Asukasvastineluku on biologisesti hajoavien epäpuhtauksien mittayksikkö, joka vastaa yhden henkilön vuorokaudessa tuottamaa keskimääräistä kuormitusta. Yhdyskuntajätevesiasetuksen (888/2006) mukaan yksi avl vastaa 70 g BHK₇, joka puolestaan vastaa yhdyskuntajätevesidirektiivin (91/271/ETY) määrittelemää viiden vuorokauden biokemiallista hapentarvetta (BHK₅) 60 g happea. Yhdyskuntajätevesiasetuksen mukaisesti asukasvastineluku lasketaan puhdistamolle vuoden aikana tulevan suurimman viikkokuormituksen vuorokautisesta keskiarvosta poikkeuksellisia tilanteita lukuun ottamatta. Poikkeukselliseksi tilanteeksi ei lasketa lumensulamiskausia, sillä ne toistuvat joka vuosi.

Suomen ympäristökeskuksessa on yhdyskuntajätevesidirektiivin raportointia ja seurantaa varten kehitetty yksi toimintatapa asukasvastineluvun laskemiseksi. Asukasvastineluku lasketaan puhdistamokohtaisesti VAHTI-tietokantaan tallennetuista BHK₇ (ATU) -arvoista (mg/l) ja virtaamatiedoista (m³/d) biokemiallisen hapenkulutuksen (BHK₇ (ATU) = 70 g/as/vrk) avulla. Laskentaan käytetään viiden vuoden pituisen ajanjakson tarkkailunäytteiden tuloksia. Tulokuorman kertymäfunktioista asukasvastineluku määräytyy 90 %:n prosenttiilin kuorman perusteella, jolloin ääritapaukset suljetaan tarkastelun ulkopuolelle.

Tästä menettelystä poikkeavat sellaiset vesihuoltolaitokset, joiden jätevedenpuhdistamoille tulevasta virtaamasta on suuri osuus teollisuusjätevesiä, tai joiden alueella esiintyy merkittävää kausittaista vaihtelua, kuten loma-asutusta. Näissä kohteissa avl on arvioitu tapauskohtaisesti viemärintialueen asukasluvun, majoituspaikkojen ja sesonkiajan käyttöasteen asukasluvun sekä teollisuuden kuormituksen perusteella.

Asukasvastineluvulla (avl) tarkoitetaan:

”yksi sellaista vuorokausikuormitusta, jonka seitsemän vuorokauden biokemiallinen hapenkulutus (BHK₇) on 70 g happea (O₂); asukasvastineluku lasketaan puhdistamolle vuoden aikana tulevan suurimman viikkokuormituksen vuorokautisesta keskiarvosta poikkeuksellisia tilanteita lukuun ottamatta;”

Yhdyskuntajätevesiasetus (888/2006), 2 § kohta 4

3.2

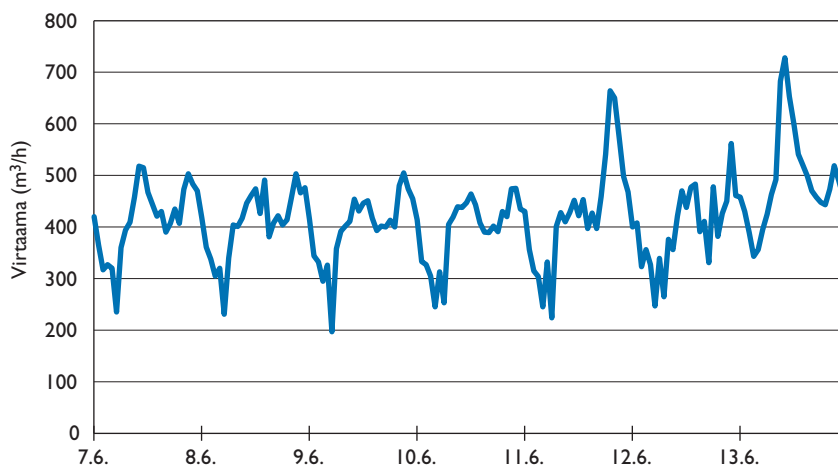
Talousjätevesi

Kotitalouksissa syntyvät jätevedet sisältävät runsaasti happea kuluttavaa orgaanista ainesta, bakteereja sekä ravinteita, lähinnä fosforia ja typpeä. Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot on suunniteltu nimenomaan tällaisia vesiä varten. Jos yhdyskunnan jätevedenpuhdistamolle tulee pääasiallisesti vain asutuksen jätevesiä ja kunnan viemäriverkosto on hyvässä kunnossa, puhdistamon kuormitus on määrältään sekä laadultaan hyvin arvioitavissa. Puhdistamo toimii tällöin siten kuin se on suunniteltu, kunhan sen käyttö ja kunnossapito hoidetaan asianmukaisesti.

Talousjätevesiä muodostuu viemäroinnin piirissä olevan asukasmäärän mukaan. Seurantatiedon perusteella talousjäteveden määrä ja laatu ovat melko helposti arvioitavissa. Suomessa vesihuoltolaitosten piirissä olevien talouksien veden ominaiskulutus on keskimäärin 130 l/d/as ja orgaanisen kuorman asukasvastineluku 70 g BHK₇/d.

Vuositasolla puhdistamolle tulevan talousjätevesien määrä kasvaa viemäriin liittyneiden kotitalouksien määrän myötä. Suuremman pysyvän lisäyksen tulevan veden määrään voi aiheuttaa esimerkiksi siirtoviemärin valmistuminen, jolloin pienempien taajamien jätevedet siirretään keskuspuhdistamolle. Kasvuennusteet tulee ottaa huomioon puhdistamon mitoituksessa koko puhdistamon käyttöiän aikajänteellä.

Puhdistamolle tulevan veden määrä vaihtelee myös lyhyemmällä aikavälillä tarkasteltuna. Kuten kuvasta 4 huomataan, veden käyttö vaihtelee niin tuntien kuin viikonpäivienkin välillä. Virtaamavaihteluita voidaan lieventää tasausaltaiden avulla.



Kuva 4. Porvoon veden Hermanninsaaren puhdistamolle tulevan virtaaman vaihtelut viikon ajanjaksoilla.

Tasausaltaat voivat olla esimerkiksi vanhan jätevedenpuhdistamon altaita, joihin voidaan varastoida jätevettä suurempien tuntivirtaamien aikana ja tyhjentää hiljaisempien tuntien aikana, esimerkiksi yöllä kuten kuvan 4 tapauksessa.

Talousjätevesien lika-aineista saadaan tehokkaasti poistettua orgaaninen aines ja ravinteet, mutta talousjätevedet sisältävät myös jäämiä kotitalouksissa käytettävistä kemikaaleista, lääkeaineista ja muista viemäriin päästetyistä haitallisista aineista. Haitallisten aineiden ominaisuuksista riippuu, millä tavoin ne käyttäytyvät käsittelyprosessissa. Ne voivat poistua vedestä käsittelyprosessissa haihtumalla, hajoamalla tai kiinnittymällä lietteeseen, mutta osa aineista ei kuitenkaan poistu jätevedenpuhdistamolla, jää käsiteltyyn veteen ja kulkeutuu sen mukana ympäristöön.

3.3

Teollisuusjätevedet

Viemäroidyllä alueella sijaitsevat teollisuuslaitokset asettavat vesihuoltolaitokselle erityisiä vaatimuksia niiden tarvitseman talousveden ja vastaavasti niiden tuottaman jäteveden suuren määrän sekä vaihtelevan laadun ja kuormituksen vuoksi. Etenkin suurimmilla teollisuuslaitoksilla voi olla omat jätevedenpuhdistusjärjestelmänsä, joiden jälkeen käsitellyt vedet johdetaan joko kunnan viemäriin tai suoraan vesistöön. Jos teollisuuslaitokset laskevat jätevetensä käsittelemättä kunnalliseen viemäriverkostoon, tulee niiden aiheuttama kuormitus ja päästöt ottaa huomioon ja tarvittaessa rajoittaa niitä. Virtaamaltaan vähäisetkin teollisuusjätevedet voivat korkeiden pitoisuuksien vuoksi vaikuttaa puhdistusprosessiin haitallisesti.

Ympäristönsuojeluasetuksen mukaisesti teollisuuslaitoksen ympäristöluvassa tulee määritellä päästöraja-arvot viemäroitäville aineille ja lupaviranomaisen on teollisuuslaitoksen lupa-asiaa käsiteltäessä kuultava vesihuoltolaitosta. Viemäriin kohdistuvia päästöjä tulee tarkkailla ja tarvittaessa teollisuusjätevesi tulee esikäsittellä viemärintikelpoiseksi. Esikäsittely voi olla esimerkiksi suuren orgaanisen kuorman pienentämistä biologisella tai suuren fosfori- ja kiintoainepitoisuuden vähentämistä kemiallisella esikäsittelyllä. Toisaalta orgaanisen aineen lisäyksestä voi myös olla hyötyä puhdistusprosessissa, erityisesti typenpoiston kannalta, jos tuleva jätevesi on BHK₂:n suhteen laimeaa. Korkeaa orgaanista kuormitusta aiheutuu erityisesti elintarviketeollisuudesta, kuten meijereistä tai panimoista. Prosessin toiminnan kannalta haitallisia ovat kuormituspiikit, joiden ehkäisemiseksi ja orgaanisen kuorman hallitsemiseksi teollisuuslaitoksilla voitaisiin järjestää tasausmahdollisuus.

Orgaaninen aines ja ravinteet ovat kuitenkin niitä, joiden puhdistamiseen yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot on suunniteltu. Ympäristön kannalta ongelmallisempaa on esimerkiksi raskasmetallien ja orgaanisten haitta-aineiden kulkeutuminen puhdistusprosessin läpi tai päätyminen lietteeseen hankaloittamaan sen hyötykäyttöä. Monien orgaanisten haitta-aineiden esiintymistä on rajoitettu kieltämällä tai rajoittamalla niiden käyttöä.

Teollisuusjätevesien johtamiseksi yhdyskuntajätevesien joukkoon olisi hyvä laatia teollisuuslaitoksen ja vesihuoltolaitoksen välinen teollisuusjätevesien johtamissopimus. Sopimuksiin voidaan kirjata tapauskohtaisesti ehtoja, jotka koskevat jäteveden määrää ja laatua, jäteveden johtamistapaa, jäteveden esikäsittelyä, yhteydenpitovelvollisuutta, jäteveden määrän ja laadun tarkkailua sekä sopimuksen muuttamista ja voimassaoloa. Jos viemäriin liittynyt teollisuus rikkoo sopimusta, vesihuoltolaitos voi keskeyttää yhdyskuntajätevedenpuhdistamon toimintaa haittaavan teollisuusjäteveden vastaanoton.

Suomessa on joitakin pieniä paikkakuntia, joissa sijaitseva merkittävän kokoinen tehdas johtaa jätevetensä yhdyskunnan puhdistamolle. Tällöin jäteveden laatu voi poiketa hyvinkin paljon normaalista yhdyskuntajätevedestä. Oman haasteensa tuovat

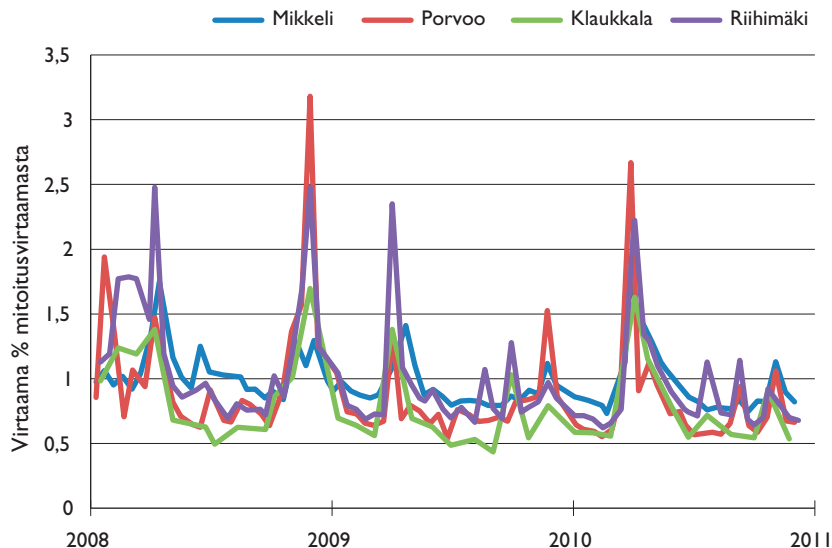
kausiluontoisesti toimivat teollisuuslaitokset, jotka kuormittavat puhdistamoa vain osan vuodesta.

3.4

Hule- ja vuotovedet

Hulevesillä tarkoitetaan maan pinnalta huuhtoutuvaa sade- tai sulamisvettä ja vuotovesillä ympäröivästä maaperästä tai kaivannon täytteestä viemäriverkostoon heikkokuntoisten putkien tai putkiliitosten kautta tulevaa vettä. Näiden pääsyä viemäriin ja siten jätevedenpuhdistamolle tulisi välttää, sillä jätevedenpuhdistamolle päätyvät hulevedet muodostuvat määränsä ja laatunsa takia ongelmaksi etenkin lumensulamiskausina ja rankkasateiden aikana. Hule- ja vuotovesien pääsyn estämiseksi jätevesiviemäriin on tehty edelleen jatkuvaa pitkäjänteistä työtä ja niiden määrää viemäreissä onkin saatu vähennettyä.

Hule- ja vuotovedet haittaavat jätevedenpuhdistusprosessia, sillä ne ovat tyypillisesti kylmempiä kuin talousjätevedet ja siten laskevat tulevan veden lämpötilaa. Tämä puolestaan hidastaa biologisen prosessin toimintaa ja vaikuttaa etenkin typenpoiston tehokkuuteen. Tämän lisäksi sulamisvesien ja rankkasateiden aiheuttamat suuret virtaamapiikit voivat aiheuttaa ohituksia puhdistusprosessissa tai viemäriverkostossa. Toisin kuin vuorokausivirtaaman vaihteluita, ei vuosittaisia huippuvirtaamia pystytä juuri lainkaan hallitsemaan tasausaltaiden avulla, sillä veden määrä on niin suuri että tasausaltat täyttyvät tunneissa. Vuositasolla virtaamavaihtelujen tasaamiseen tarvittaisiin kapasiteettia useiden viikkojen ajaksi. Ainoana ratkaisua on tällöin biologisen prosessiosan ohittaminen, jottei aktiiviliete pääse karkaamaan selkeytysaltaista. Suurimmat ohitukset tapahtuvatkin keväällä lumien sulamisen aikaan. Kuvasta 5 nähdään, miten tulevan veden virtaama vaihtelee vuoden aikana merkittävästi huippuvirtaamien sijoittuessa kevääseen ja syksyyn.



Kuva 5. Puhdistamoille tulevan virtaaman vaihtelu Mikkelin, Porvoon, Klaukkalan ja Riihimäen puhdistamoilla vuosina 2008 - 2010.

Hulevesien määrä on erityisen suuri sekaviemäröidyillä alueilla, kuten vanhojen kaupunkien keskustoissa, mutta myös huonokuntoisen erillisviemärin alueella jätevesiviemäriin päässeiden vesien määrä voi kohota hyvinkin suureksi. Hulevesien mukana puhdistamolle kulkeutuu maastosta ja kaduilta huuhtoutunutta materiaalia: orgaanista ainesta, kiviainesta sekä mahdollisesti myös haitallisia aineita, joita kaduille on laskeuman tai ihmisen toiminnan vuoksi joutunut.

Verkosto-ohitukset tapahtuvat useimmiten pumppaamojen ylivuotoina tai harvemmin putkirikkojen yhteydessä. Verkostosta ohitettu vesi on putkistossa olevaa käsittelemätöntä jätevettä, joka tosin on merkittävästi laimeampaa, mikäli kyseessä on hulevesien aiheuttaman suuren virtaaman vuoksi tapahtuva ohitus. Usein pumppaamoiden virtaamia arvioidaan pumpun käyntitunneista tai astiamittauksena. Suurimmille pumppaamoille tai tasausaltaiden yhteyteen on mahdollista asentaa välppä tai vastaava mekaaninen erotusmenetelmä vähentämään ohituksen aiheuttamaa kiinteästä jätteestä johtuvaa kuormitusta.

3.5

Muut kuormitusjakeet

3.5.1

Lietteenkäsittelyn rejektivedet

Puhdistamoiden sisäistä kuormitusta saattavat merkittävästi lisätä lietteenkäsittelystä tulevat rejektivedet, jotka ovat peräisin lietteen mädätyksestä, sakeutuksesta ja kuivauksesta. Jotkut puhdistamot ottavat vastaan myös ulkopuoliselta mädättämöltä tulevia rejektivesiä, mikä vaikuttaa puhdistamon ulkoiseen kuormitukseen. Puhdistamoilla lietteenkäsittelyn rejektivesiä palautetaan prosessin alkupäähän. Nämä väkevät vedet on otettava huomioon prosessin kokonaiskuormituksessa ja tarvittaessa tasattava ja esikäsiteltävä ennen hallittua prosessiin syöttämistä. Typpipitoisen rejektiveden käsittelyyn on kehitetty tehostettuja menetelmiä.

3.5.2

Sako- ja umpikaivolietteet

Sako- ja umpikaivolietteitä sekä pienpuhdistamoiden ylijäämalietteitä tuodaan jätevedenpuhdistamoille haja-asutusalueiden kiinteistöjen jätevesien käsittelyjärjestelmistä. Ne ovat koostumukseltaan viemäristä tulevaa jätevettä väkevämpiä ja siten voivat aiheuttaa kuormituspiikkejä prosessissa. Lietettä vastaanotettaessa on varmistettava, että prosessiin ei tuoda öljyn- tai hiekanerotuskaivojen lietteitä.

3.5.3

Kausiluontoinen ja epäsäännöllinen tulokuormitus

Suuret satamat ja kausittainen loma-asutus aiheuttavat puhdistamolle suurta vaihtelua. Jätevesikuormituksen kausivaihtelu on huomattavan suuri myös lomanviettopaikoilla, kuten laskettelukeskuksissa. Vaihtelut otetaan huomioon asukasvastineluvun laskemisessa käyttämällä viemäröintialueen asukasluvun lisäksi lomakeskusten majoituspaikkojen määrää ja sesonkiajan käyttöasteen asukaslukua. Lisäksi teollisuuden kausiluonteisuus, esimerkiksi seisokeista aiheutuvat alasajot ja pesuvedet on otettava huomioon.

4 Nykyiset päästö-, kulutus- ja kustannustasot

4.1

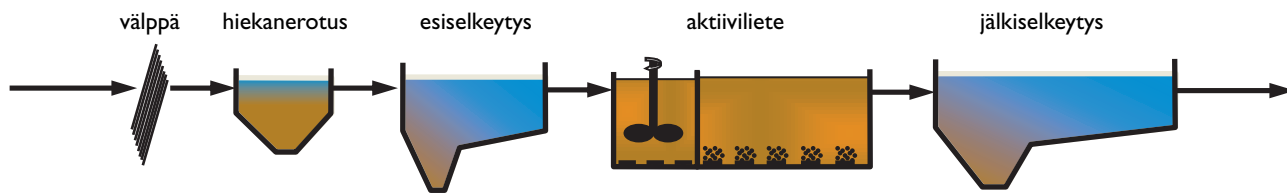
Tarkasteltu aineisto

Hankkeen alussa tehtiin 57 vesi- ja viemärlaitokselle kysely, jolla kartoitettiin jätevedenpuhdistamoiden prosesseja ja toimintaa. Puhdistamot luokiteltiin virtaaman mukaan kolmeen luokkaan: suuria, kapasiteetiltaan yli 10 000 m³/d olevia puhdistamoja kyselyssä oli mukana 20 kappaletta, keskisuuria 1 000 - 10 000 m³/d puhdistamoja 24 kappaletta ja pieniä alle 1 000 m³/d puhdistamoja 13 kappaletta. Laitokset ovat maantieteellisesti jakautuneet ympäri maata. Kyselyssä kerättiin tietoa laitosten prosesseista, lupamääräyksistä ja niiden täyttymisestä, tarkkailutuloksista, mitoituksista, tulevasta kuormasta ja lähtevän veden laadusta. Tarkoituksena oli saada tietoa käytössä olevien tekniikoiden avulla saavutetuista puhdistustehoista ja päästötasoista.

4.2

Tarkasteltujen laitosten prosessien kokoonpano

Kyselyn pohjalta tarkasteltiin käytössä olevien prosessien kokoonpanoa. Yleisin kokoonpano on esitetty kuvassa 6. Jokaisen tarkastellun laitoksen puhdistusprosessiin kuuluu välppä. Hiekanerotus, joka useimmiten on ilmastettu, löytyy suurimmalta osalta laitoksia puuttuen vain kaikkein pienimmiltä. Esi-ilmastus on käytössä lähinnä suurilla laitoksilla, esiselkeytys myös keskisuurilla ja muutamilla pienemmilläkin laitoksilla. Biologinen prosessin osa on pääosin aktiiviliete, jossa fosforin poisto tapahtuu rinnakkaissaostuksella. Tämän lisäksi keskisuurista laitoksista kahdella on käytössä biologinen (nitrifikaatio ja denitrifikaatio) suodatin ja yhdellä laitoksella bioroottori. Jälkiselkeytys löytyy kaikilla muilla laitoksilla, paitsi niillä joilla on prosessin biologisena osana biologiset suodattimet. Jälkikäsittelytekniikoista käytössä olivat flotaatio, hiekkasuodatus, loppuselkeytys ja biologinen (denitrifikaatio) suodatin. Jälkikäsittelyprosesseja on käytössä noin 40 %:lla puhdistamoista ja niitä löytyy kaikissa puhdistamokokoluokissa.



Kuva 6. Tarkastelluilla puhdistamoille yleisimmin käytössä oleva prosessi koostuu välppäyksestä, hiekanerotuksesta, esiselkeytyksestä, rinnakkaissaostuksella varustetusta aktiivilieteprosessista ja jälkiselkeytyksestä.

4.3

Tulosten tarkastelu

Puhdistamoiden mitoitusta tarkasteltiin laskemalla aineistosta tila- ja pintakuormat ja piirtämällä jokaiselle puhdistamolle kuvaaja puhdistustuloksen suhteesta niihin. Liitteen 1 kuvassa on esitetty muutamien puhdistamoiden lähtevän veden BHK₇ (ATU) tilakuorman suhteen. Liitteessä 2 esitetään vastaavasti kiintoaineen ja pinta-kuorman suhde.

Puhdistamoilla saavutettavan puhdistustuloksen ja jälkikäsitteilyn vaikutuksen tarkasteluun käytettiin summakäyriä. Tarkastelun pohjatietoina olivat vuosien 2010 ja 2011 lähtevän veden jäännöspitoisuuksien (mg/l) tulokset, joissa ei ollut mukana ohituksia. Puhdistamoita tarkasteltiin kokoluokittain. Tuloksista laskettiin erikseen kummankin vuoden mediaaniarvot ja tarkastelussa käytettiin näiden kahden mediaaniarvon keskiarvoa, jolloin jokaiselta puhdistamolta oli mukana yksi arvo. Puhdistamot järjestettiin jäännösarvojen mediaanien keskiarvon mukaiseen järjestykseen ja jaettiin tasavälisiin luokkiin. Luokkien rajat saatiin jakamalla mediaanin keskiarvojen vaihteluväli yhtä suuriin luokkiin. Esimerkiksi kokonaisfosforin arvot vaihtelivat välillä 0...1 mg/l, joten tämä väli jaettiin kymmeneen luokkaan, joiden väli oli 0,1 mg/l.

Tämän jälkeen laskettiin frekvenssit, eli luokakohtaisesti kyseiselle välille puhdistustuloksellaan osuneiden puhdistamoiden lukumäärä. Frekvenssit laskettiin kumulatiivisesti yhteen summafrekvensseiksi, jotka suhteutettiin puhdistamoiden kokonaismäärään summafrekvenssiprosentiksi. Summafrekvenssiprosentti siis kertoo, montako prosenttia puhdistamoista ylittää kyseisen luokan mukaiseen jäännöspitoisuuteen. Kuvaajista tämä voidaan lukea x-akselilta summakäyrän ja y-akselin arvon leikkauspisteen kohdalta. Summakäyrät piirrettiin biologiselle hapenkulutukselle, kiintoaineelle, kokonaisfosforille ja kokonaistypelle. Kokonaistyyppiä tarkasteltiin erikseen jaotellen laitokset sen mukaan, onko niillä ympäristöluvassaan kokonaistyyppipoistovaatimus.

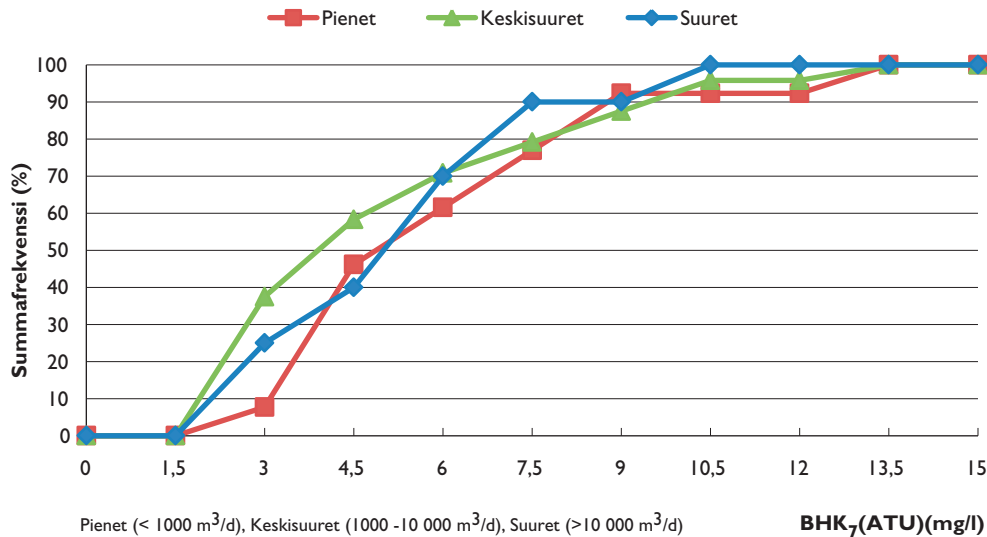
Energiankulutuksia tarkasteltiin puhdistamon kokoon ja keskimääräiseen puhdistustulokseen vertaillen. Myös käyttö- ja investointikustannuksia verrattiin laitoksen kokoon. Saavutettavia päästötasoja esitellään seuraavissa kappaleissa ja tulosten pohjalta tehtyjä päätelmiä käsitellään luvussa 6.

4.3.1

Saavutettavat päästötasot

Biologinen hapenkulutus

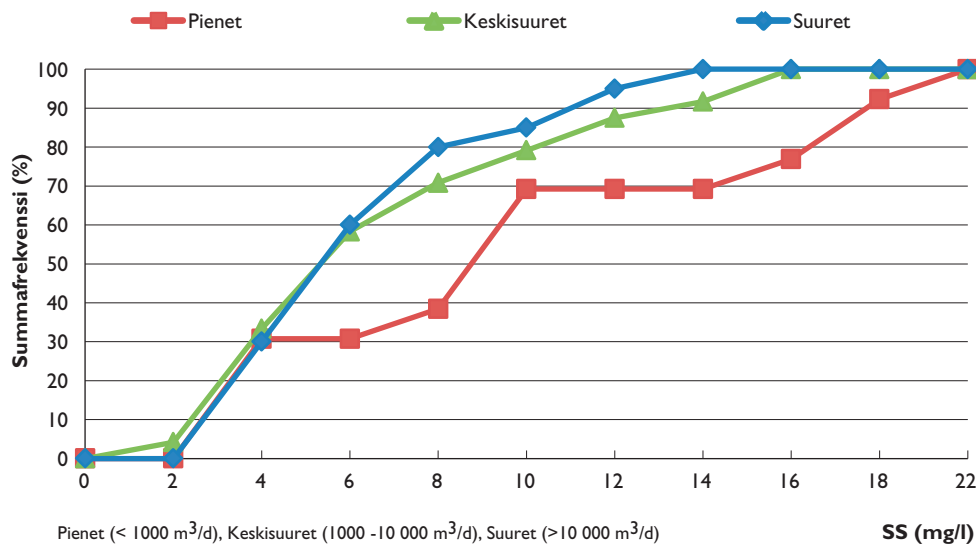
Biologinen hapenkulutus on kaikissa kokoluokissa melko samalla tasolla ja summakäyrät melko yhtenevät. Kaikki puhdistamot saavuttavat mediaanitason 13,5 mg/l ja 90 %:n persentiili on alle 10 mg/l.



Kuva 7. Summakäyrä tarkasteltujen puhdistamoiden lähtevän veden BHK₇(ATU):n jäännöspitoisuuksien mediaaniarvoista.

Kiintoaine

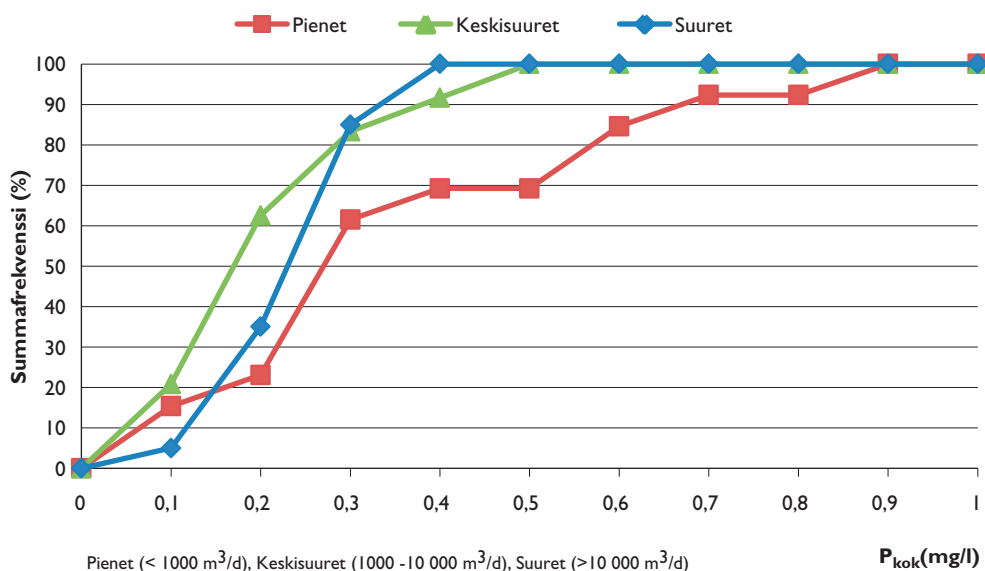
Kiintoainetuloksissa suuret ja keskisuuren puhdistamot toimivat suunnilleen yhtä hyvin ja erottuvat pieniä puhdistamoja huomattavasti tehokkaampina. Kaikki suuret puhdistamot yltyvät mediaanitasoon 14 mg/l, keskisuuret tasoon 16 mg/l ja pienistä puhdistamoista 100 % saavuttaa tasoon 22 mg/l.



Kuva 8. Summakäyrä tarkasteltujen puhdistamoiden lähtevän veden kiintoaineen jäännöspitoisuuksien mediaaniarvoista.

Kokonaisfosfori

Kokonaisfosforin kohdalla tilanne on sama kuin kiintoaineen kohdalla - suuret ja keskiuuret puhdistamot erottuvat pieniä laitoksia tehokkaampina. Tähän vaikuttaa osaltaan myös suurempien kokoluokkien puhdistamoiden tiukemmat fosforinpoistovaatimukset. Kaikki suuret puhdistamot saavuttavat mediaanitason 0,4 mg/l, kun vastaava luku pienillä puhdistamoilla on 0,9 mg/l.

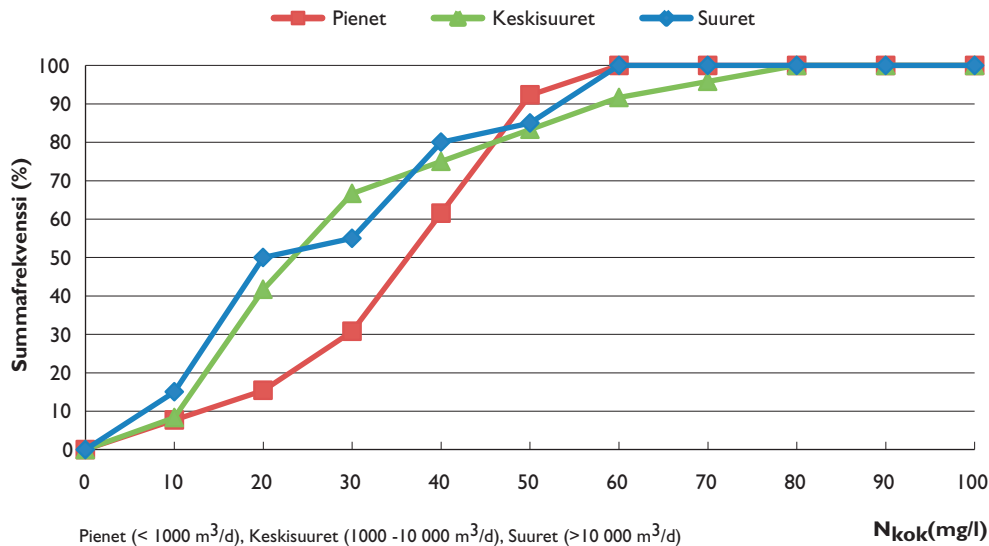


Kuva 9. Summakäyrä tarkasteltujen puhdistamoiden lähtevän veden kokonaisfosforin jännöspitoisuuksien mediaaniarvoista.

Kokonaistypen jännöspitoisuus

Kokonaistypen jännöspitoisuuden tarkastelu aloitettiin piirtämällä summakäyrät siten, että kaikki puhdistamot olivat mukana samassa tarkastelussa typenpoistovaatimuksesta riippumatta. Summakäyrässä (Kuva 10) pienten laitosten tulos näkyy huonompana kuin suurten ja keskiuurten, mikä johtuu osaltaan pienen kokoluokan typenpoistolaitosten vähäisestä määrästä. Pienillä puhdistamoilla typenpoistovaatimus on useimmiten sanallinen, tai vaatimus koskee vain ammoniumtypen poistoa. Kuitenkin kaikki pienet ja suuret laitokset saavuttavat jännösmediaaniarvon 60 mg/l, kun taas heikoin tulos oli keskiuurten laitosten 80 mg/l.

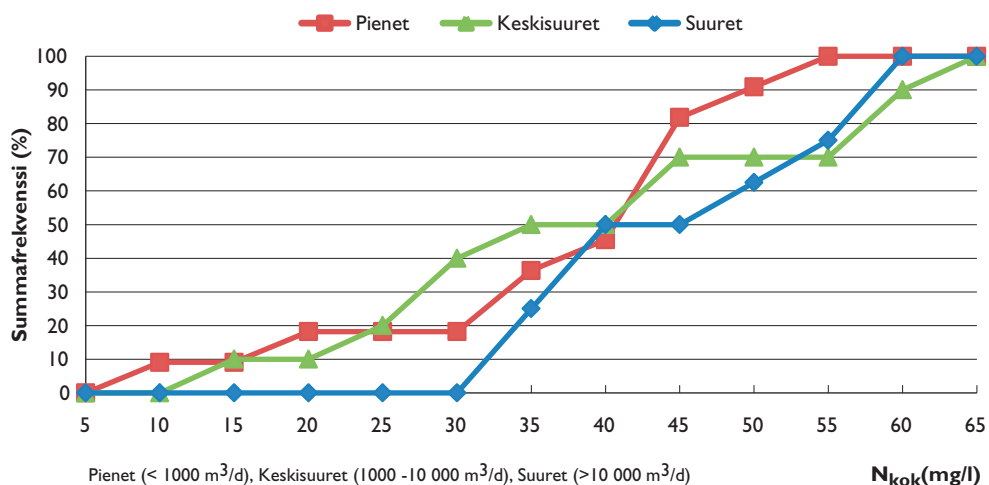
Tämän tarkastelun jälkeen puhdistamot päätettiin lajitella kokonaistypenpoistovaatimuksen mukaan, jotta tarkastelu typpeä poistavien laitosten ja muiden laitosten välillä saataisiin tehtyä. Lajittelussa otettiin huomioon alkuperäisen puhdistamon koon mukaisen lajittelun lisäksi ympäristöluvan kokonaistypenpoistovaatimus. Lajittelussa ei eroteltu, onko kokonaistypenpoistovaatimus määritetty koko vuodelle vai pelkästään lämpimille kausille, eikä huomioon ole otettu numeerisen lupamääräyksen suuruutta. Kokonaistypenpoistovaatimuksia oli tarkastelluilla laitoksilla seuraavasti: suuret 12, keskiuuret 14 ja pienet 2 kappaletta. Ensin tarkasteltiin puhdistamoiden saavuttamaa kokonaistypen jännöspitoisuuden mediaania ja sen jälkeen reduktiota.



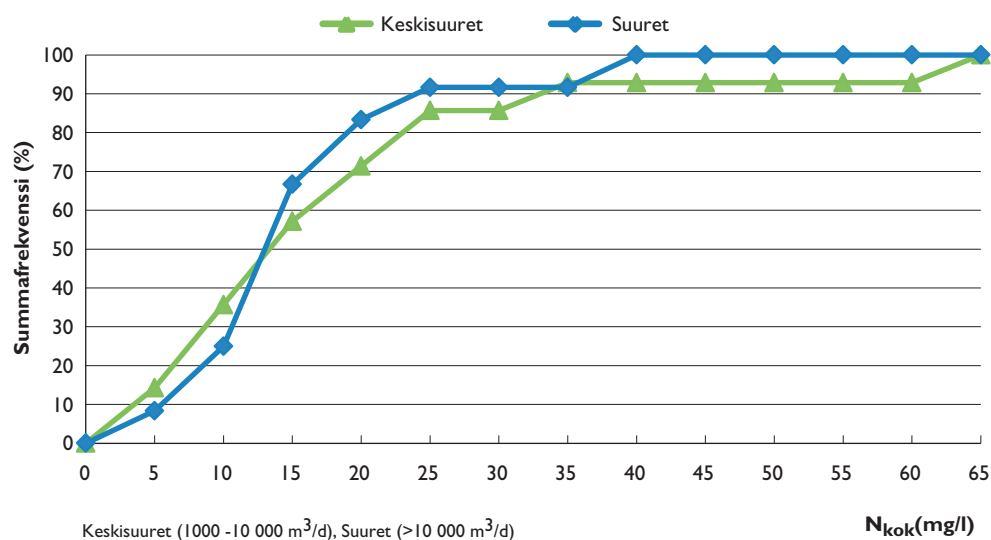
Kuva 10. Summakäyrät kaikkien tarkasteltujen puhdistamoiden lähtevän veden kokonaistypen jäännöspitoisuuksien mediaaniarvoista.

Vertailtaessa laitoksia, joilla ei ole typenpoistovaatimusta (Kuva 11), saavuttavat pienemmät puhdistamot paremmat tulokset kuin suuret. Jäännösmediaaniarvon 20 mg/l saavuttaa vajaa viidesosa pienistä ja kymmenesosa keskisuurista puhdistamoista. Suurien puhdistamoiden paras mediaanijäännösarvo on 30 mg/l. Puolet kaikista puhdistamoista saavuttaa jäännöspitoisuuden 40 mg/l.

Kokonaistypenpoistoon suunnitellut suuret ja keskisuuret laitokset (Kuva 12) pärjäävät suurin piirtein yhtä hyvin. 90 % laitoksista saavuttaa jäännösmediaaniarvon < 35 mg/l ja jäännösarvon 20 mg/l saavuttaa 70 % keskisuurista ja 85 % suurista laitoksista. Pienet laitokset eivät olleet mukana tarkastelussa, sillä tarkasteltujen laitosten joukossa oli vain kaksi pienen kokoluokan puhdistamoa, joilla oli kokonaistypenpoistovaatimus.



Kuva 11. Summakäyrä lähtevän veden kokonaistypen jäännöspitoisuudelle N_{kok} (mg/l) laitoksilla, joiden ympäristöluvassa ei ole kokonaistypenpoistovaatimusta.

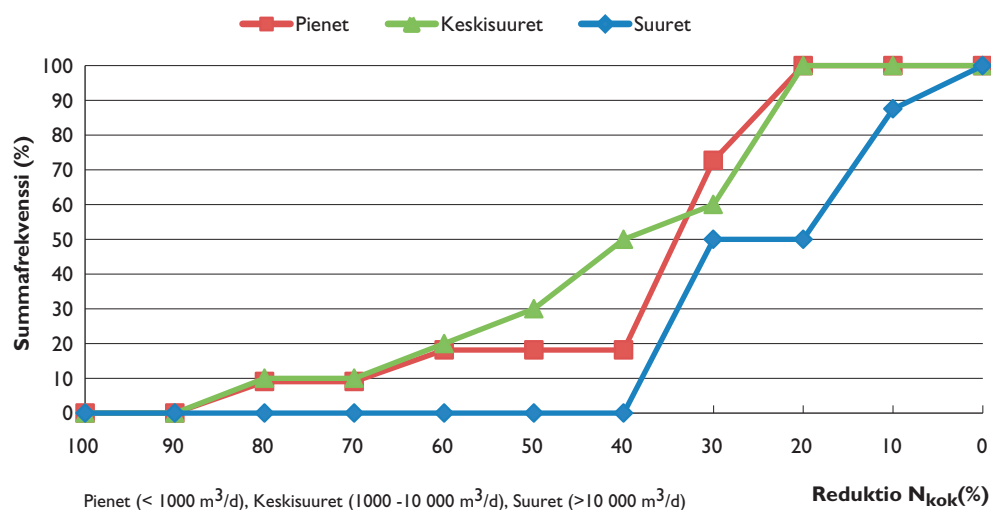


Kuva 12. Summakäyrät lähtevän veden kokonaistypen jäännöspitoisuuksille N_{kok} (mg/l) laitoksilla, joiden ympäristöluvassa on vaatimus kokonaistypenpoistolle.

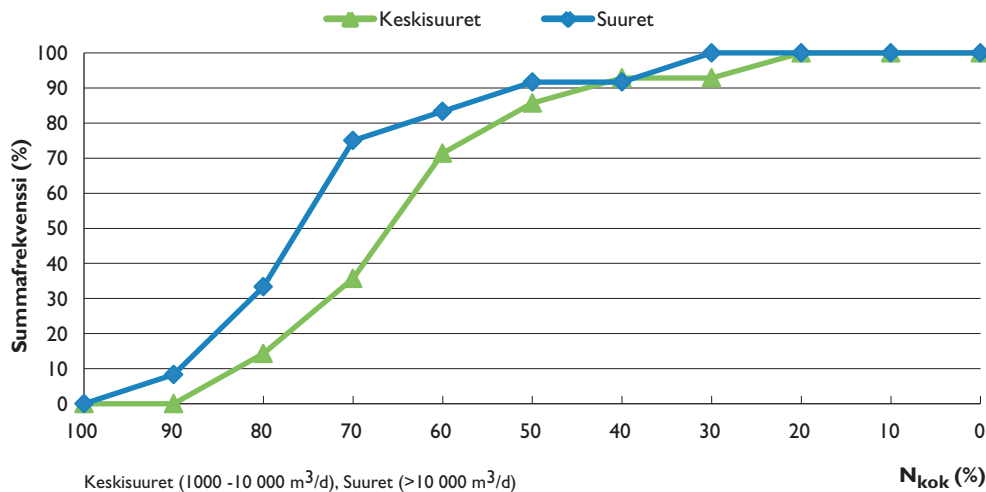
Kokonaistypen reduktio

Tarkastelua jatkettiin kokonaistypenpoiston mukaan lajittelun aineiston pohjalta nyt vertaillen typenpoiston reduktioita (Kuva 13 ja Kuva 14). Myös reduktion avulla tarkasteltuna suuret puhdistamot, joilla ei ole vaatimusta kokonaistypenpoistolle pärjäsivät huonoiten saavuttaen parhaimmillaan 40 % reduktion, kun pienistä ja keski-suurista puhdistamoista puolet ylsi samaan mediaaniarvoon ja parhaimmat miltei 90 % kokonaistyyppireduktioon.

Reduktio tarkastelussa kokonaistypenpoistoon suunnitellut suuret laitokset pärjäsivät hieman keski-suuria paremmin saavuttaen parhaimmillaan yli 91 % reduktion.



Kuva 13. Summakäyrät kokonaistypen N_{kok} reduktiolle (%) tarkastelluilla laitoksilla, joiden ympäristöluvassa ei ole kokonaistypenpoistovaatimusta.

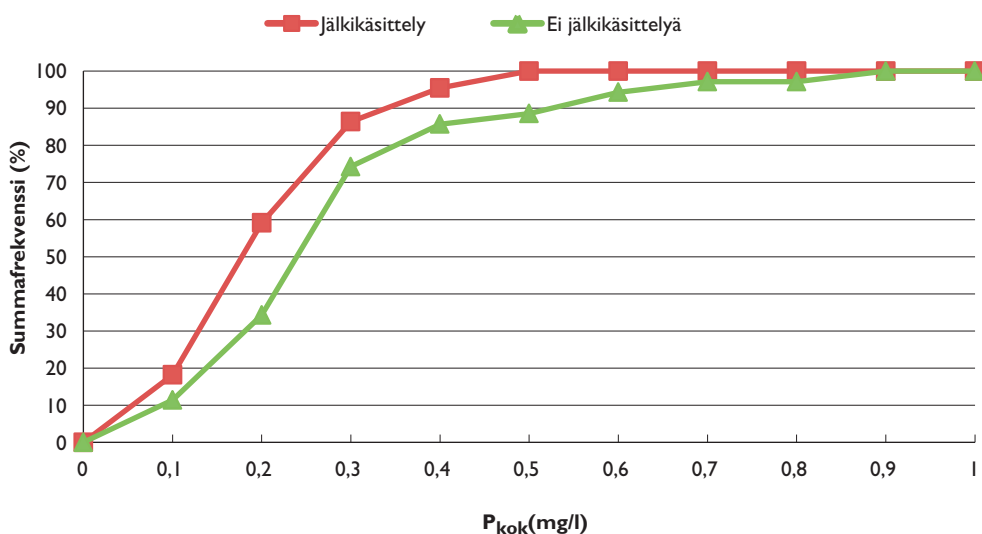


Kuva 14. Summakäyrät kokonaistypen N_{kok} reduktiolla (%) tarkastelluilla laitoksilla, joiden ympäristöluvassa on vaatimus kokonaistypenpoistolle.

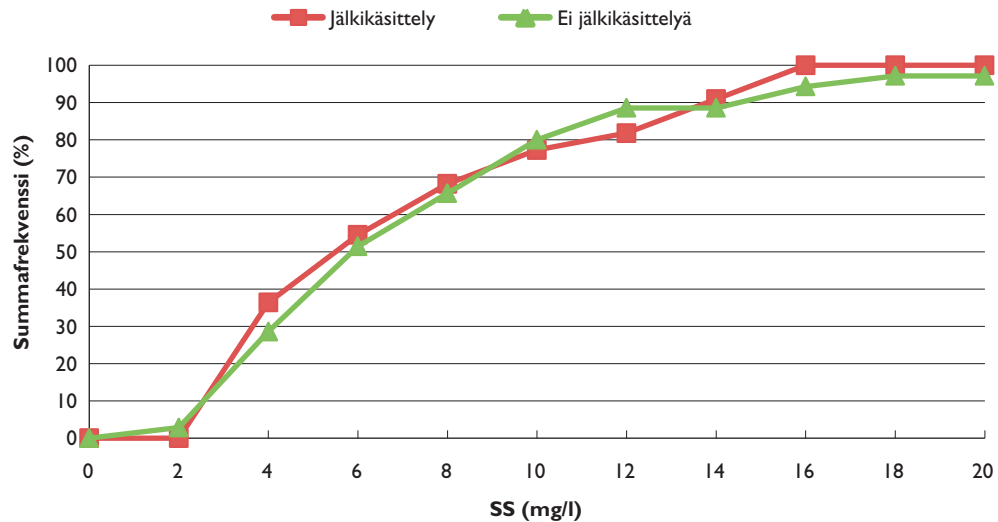
4.3.2

Jälkikäsittelyn vaikutus

Jälkikäsittelyn vaikutusta puhdistustulokseen tarkasteltiin jakamalla puhdistamot kahteen ryhmään sen mukaan oliko niissä jälkikäsittely-yksikköä vai ei. Tarkastelussa ei otettu huomioon jälkikäsittelymenetelmää. Lajitellusta aineistosta piirrettiin summakäyrät kokonaisfosforin ja kiintoaineen jäännöspitoisuuden mediaaneille (Kuva 15 ja Kuva 16) Kuvista havaitaan, että jälkikäsittelyllä varustetut laitokset saavuttavat matalamman jäännösarvon. Tämä näkyy selkeämmin fosforin summakäyrästä, jossa jälkikäsittelyllä varustetut laitokset saavuttavat vähintään jäännösarvon mediaanin 0,5 mg/l ja 60 % saavuttaa mediaanitason 0,2 mg/l. Laitoksilla, joilla ei ole jälkikäsittelyä kaikkien saavuttama taso on 0,9 mg/l ja noin puolet niistä saavuttaa mediaanitason 0,25 mg/l.



Kuva 15. Jälkikäsittelyn vaikutus puhdistustulokseen kokonaisfosforin osalta. Summakäyrät on piirretty lähtevän veden kokonaisfosforin jäännöspitoisuuden (mg/l) vuositason mediaaneista.



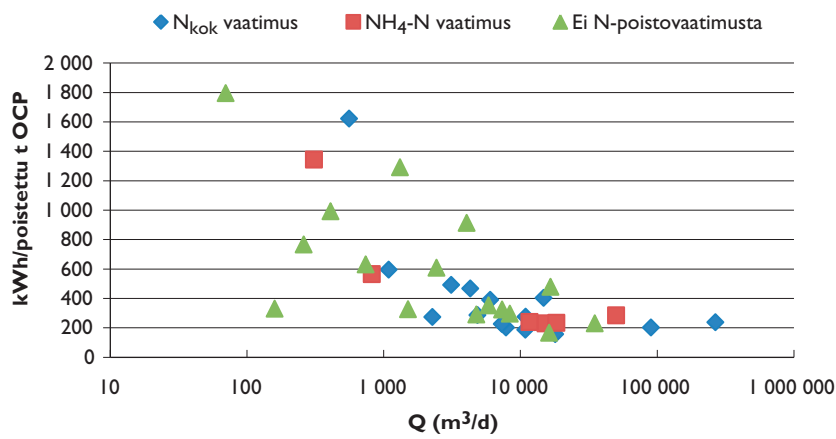
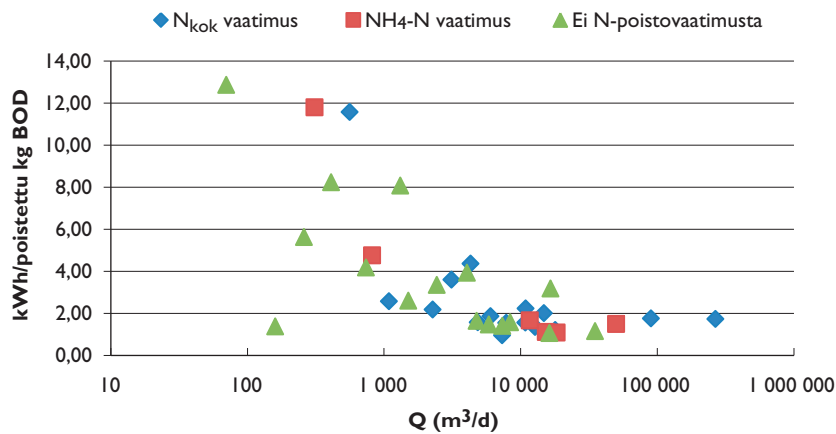
Kuva 16. Jälkikäsittelyn vaikutus puhdistustulokseen kiintoaineen osalta. Summakäyrät on piirretty lähtevän veden kiintoaineen jäännöspitoisuuden (mg/l) vuositason mediaaneista.

4.3.3

Energian- ja kemikaalikulutukset

Energiankulutuksen tarkastelussa käytettiin aluksi yhdyskunnan jätevesien aiheuttamaa kuormitusta mittaavaa OCP-indeksiä (Oxygen Consumption Potential). OCP-indeksi kuvaa vesistöön johdettavan jäteveden orgaanisen aineen, typen ja fosforin happea kuluttavaa vaikutusta vesistöissä ja sitä laskettaessa fosforille on annettu painokerroin 100, typelle 18 ja orgaaniselle aineelle 1. OCP-indeksi ja sen laskenta painosuhteisena on esitetty vesihuoltolaitosten tunnuslukujärjestelmän raportissa 2011 (Vesilaitosyhdistys 2013). Kuvassa 17 on esitetty laitosten energiankulutus poistettua BHK₇ (ATU)-kiloa ja poistettua OCP-tonnia kohden laitoksen koon funktiona. Kuvasta nähdään, että laitoksen koko on energiantehokkuuden kannalta merkittävä tekijä pienempien laitosten kuluttaessa energiaa moninkertaisesti suuria enemmän poistettua BHK₇-kiloa ja OCP-tonnia kohden. Typenpoistovaatimuksella ei vaikuttanut olevan selvää vaikutusta energiatehokkuuteen, sillä kokonaistypenpoistolaitokset olivat suurilta osin energiatehokkaimpien laitosten joukossa. Tiedot laitosten energian- ja kemikaalikulutuksista olivat käytettävissä vain kokonaiskulutuksina. Siten eri prosessiosien ja prosessikokoonpanojen vaikutusta ei voitu tarkastella.

Seuraavaksi energiankulutus luokiteltiin kolmeen luokkaan: alle 0,50 kWh/m³, 0,51 – 1,0 kWh/m³ ja yli 1,0 kWh/m³. Taulukossa 6 on esitetty näiden luokkien keskimääräinen virtaama ja energiankulutus poistettuja BHK₇-kiloa ja OCP-tonnia kohden. Taulukosta havaitaan jälleen, että suuret laitokset kuluttavat puhdistustehokkuuteen suhteutettuna vähemmän energiaa kuin pienet laitokset. Tämän selvityksen pienillä laitoksilla keskimääräinen energiankulutus on 1,55 kWh/m³, keskisuurilla laitoksilla 0,67 kWh/m³ ja suurilla 0,41 kWh/m³. Kaikkien laitosten virtaamaan suhteutettu keskiarvo on 0,45 kWh/m³. Tarkasteltujen laitosten energiankulutustietoja löytyy taulukoituna liitteestä 3.



Kuva 17. Energiankulutus tarkastelluilla puhdistamoilla poistettua BHK₇ (ATU)-kiloa (ylempi kuvaaja) ja OCP-tonnia (alempi kuvaaja) kohden.

Taulukko 6. Tarkasteltujen puhdistamoiden keskimääräiset energiankulutusparametrit jaoteltuna kolmeen energiankulutusluokkaan.

Energian kulutus (kWh/m ³)	Keskimääräinen virtaama (m ³ /d)	Energiankulutus (kWh/kg poistettu BHK ₇ (ATU))	Energiankulutus (kWh/t poistettu OCP)
< 0,50	37 900	1,5	280
0,51 – 1,0	6 400	2,5	400
> 1,0	1 300	7,0	960

Kemikaalikulutuksen osalta tarkasteltiin kemikaaliannostusta käsiteltävää jätevesimäärää kohti. Aineistosta laskettujen kemikaalien annostelumäärien vaihtelu on varsin suurta, sillä käytettävissä olevan aineiston perusteella ei voitu erotella vuoden sisällä tapahtuvaa kemikaalin käyttötarpeen vaihtelua eikä kemikaalien käyttöä eri prosessiosissa. Kemikaalikulutustiedoista kootussa taulukossa 7 esitetään kemikaaliannostelun vaihteluväli (g/m³). Vaihtelut voivat johtua prosessien erilaisista kokoonpanoista, prosessin ohjauksesta, kemikaalien syöttöpisteiden määrästä, tulevan kuormituksen vaihtelusta sekä kemikaalin tarpeesta eri käyttötarkoituksissa esimerkiksi väkevien teollisuusvesien vuoksi tehdyssä esikäsittelyssä.

Taulukko 7. Tarkastelluilla puhdistamoilla käytössä olevia kemikaaleja ja niiden annostuksen vaihteluvälejä käsiteltä jätavesimäärää kohden.

Kemikaali	Annostelun vaihteluväli (g/m ³)
Ferrosulfaatti	52 - 962
Ferrisulfaatti	61 - 531
Alumiinisulfaatti	9 - 253
PAC	2 - 324
Kalkki	0,2 - 258
Sooda	23 - 135
Lipeä	0,31 - 95
Rikkihappo	13
Metanoli	4 - 48

Kemikaalikulutuksia on esitetty liitteen 4 taulukossa sekä kokonaismäärinä että virtaaman suhteessa. Polymeerien osalta on esitetty pelkästään kokonaismäärä, koska lietteenkäsittelyyn menevää määrää ei ole eroteltu. Polymeerejä käytetään joissakin tapauksissa myös puhdistusprosessissa eikä pelkästään lietteenkäsittelyssä. Kemikaalikulutusten vaihteluväli on suuri eikä laitosten välillä kovinkaan vertailukelpoinen, koska kemikaaleja käytetään prosesseissa eri tavalla ja mahdollisesti jopa eri käyttötarkoituksiin. Tämän taulukon informaatio on lähinnä siinä, mitä kemikaaleja tutkituilla laitoksilla käytettiin ja miten vaihtelevaa on niiden annostelu. Tulokset kuvaavat yksittäisten laitosten yksittäisiä arvoja niiden veden laadusta ja ajotavasta riippuen.

4.3.4

Laitosten investointi- ja käyttökustannuksia

Investointi- ja käyttökustannustiedot kerättiin erillisellä kyselyllä ja tietoja tarkasteltiin suhteessa puhdistamon kokoon. Käyttökustannuksissa henkilökustannukset ovat eroteltuna. Muutamien mukana olleiden puhdistamoiden käyttökustannustietoja löytyy taulukoituna liitteestä 5. Yhteenvetona taulukossa 8 on esitetty vaihteluvälejä käyttökustannuksista puhdistettua jätavesikuutiota kohden.

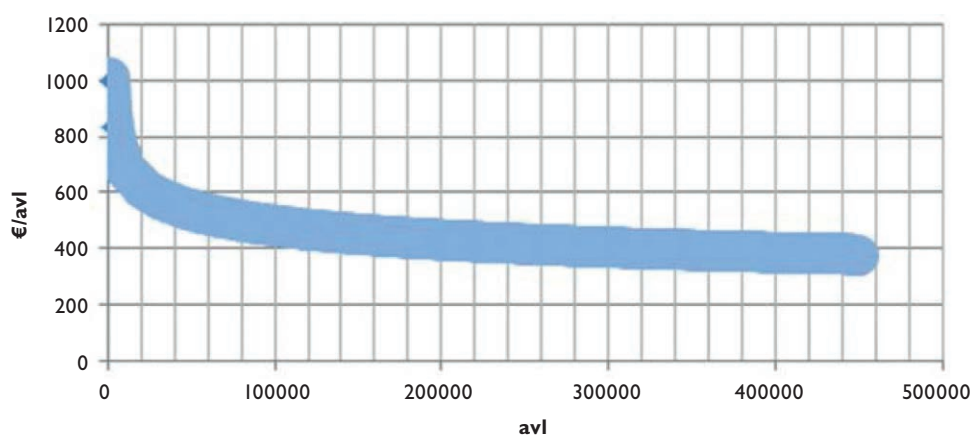
Taulukko 8. Selvityksessä mukana olleiden puhdistamoiden käyttökustannusten vaihteluja.

	Käyttökustannus (€/m ³)	Henkilötyö (€/m ³)	Henkilötyö + ostetut palvelut (€/m ³)
Vaihteluväli	0,10 - 1,21	0,02 - 0,50	0,05 - 0,93
Keskiarvo	0,40	0,12	0,26

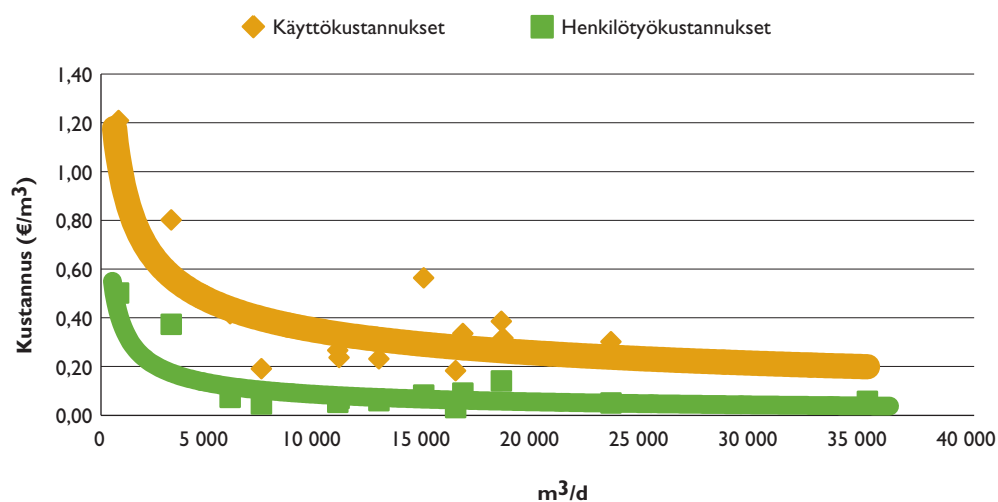
Kustannustietoja tarkasteltiin laitoksen koon funktiona. Seuraavaksi esitetyt kuvat ovat karkeit arvioita keskimääräisestä suomalaisesta puhdistamosta eikä niissä ole otettu huomioon käsittelyprosessien rakennetta. Kuvassa 18 on esitetty investointikustannukset yksikössä €/avl ja siitä voidaan nähdä, miten investointikustannukset vähenevät suurempaa puhdistamokokoluokkaa kohti siirryttäessä. Sama trendi on havaittavissa kuvassa 19, jossa on tarkasteltu käyttö- ja henkilökustannuksia. Molemmilla tapauksissa kustannusten yksikköhinnan lasku puhdistamon koon kasvaessa tasoittuu, joten yksiselitteistä kerrointa koon ja yksikköhinnan välille ei voida määrittää. Kuvat antavat kuitenkin suuntaviivaa kustannustasosta suunnittelua varten.

Kyselyssä kerättyjen käyttökustannusten jakautuminen on esitetty kuvassa 20. Merkittävimmät yksittäiset osiot ovat henkilöstö-, energia- ja kemikaalikustannukset. Kuvaajissa suurena osuutena näkyvä kohta "muut" sisältää sekalaisten kulujen lisäksi lietteenkäsittelyn ja ostopalvelut. Kunnossapidon osuus on kohtalaisen pieni, mutta

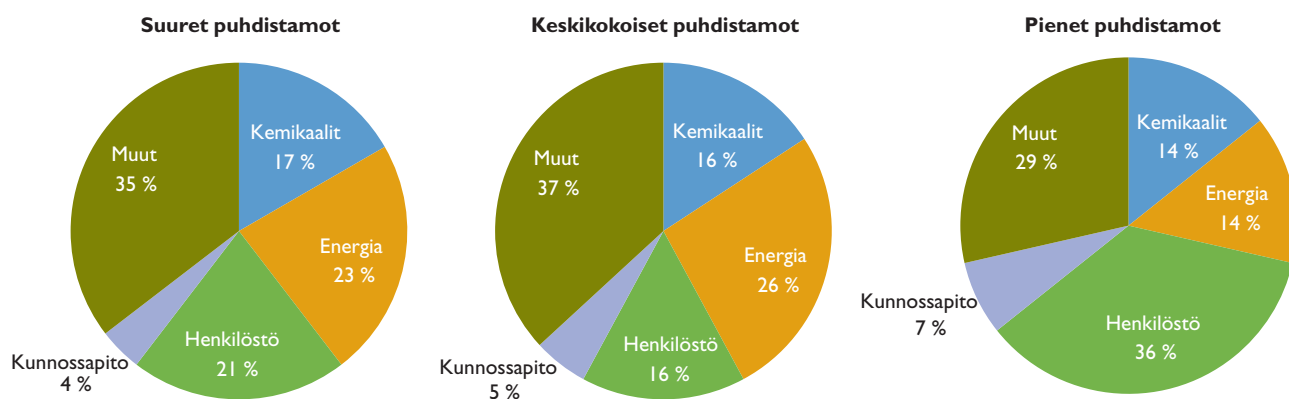
kunnossapidon henkilökustannukset sisältyvät kohtaan henkilöstö tai ostopalveluina kohtaan "muut". Kuvista nähdään, että puhdistamon koon kasvaessa kasvaa myös kemikaalien ja energiankulutus sekä kohta "muut". Henkilöstö- ja kunnossapitokulut puolestaan pienenevät.



Kuva 18. Jätevedenpuhdistamoiden investointikustannus €/avl perustuen asiantuntija-arvioon.



Kuva 19. Tarkasteltujen puhdistamoiden käyttö- ja henkilökustannuksia.



Kuva 20. Käyttökustannusten jakautuminen tarkastelluilla puhdistamoilla kokoluokittain.

5 Parhaan käyttökelpoisen tekniikan määrittämisessä huomioon otettavat tekniikat

5.1

Prosessityyppien kuvaus

5.1.1

Mekaaniset prosessit

Mekaaniset prosessit vähentävät jäteveden kuormitusta erottaen kiintoainetta jätevedestä siivilöimällä ja laskeuttamalla. Pelkästään mekaaniseen puhdistukseen perustuvia prosesseja ei ole Suomessa käytössä, sillä niillä ei saavuteta vaadittavia puhdistustuloksia. Mekaanisia yksikköprosesseja sovelletaan pääasiassa jäteveden puhdistuksen esikäsittelevävaiheessa, sillä niiden avulla saadaan poistettua vedestä karkeimmat partikkelit, jotka aiheuttaisivat haittaa prosessin myöhemmissä vaiheissa. Tällaisia partikkeleja ovat esimerkiksi ruoantähteet, muovi- ja kumiesineet sekä hiekka ja muut raskaat hiukkaset. Mekaanisia yksikköprosesseja ovat esimerkiksi välppä, hiekanerotus ja selkeytysaltaat.

5.1.2

Kemialliset prosessit

Jätevedenpuhdistuksen kemiallisista prosesseista tärkein on kemiallinen saostus, jossa saostuskemikaalin lisäyksellä liukoisessa muodossa oleva haitallinen aine sidotaan kiinteään muotoon ja syntynyt saostuma erotetaan laskeuttamalla. Kemiallinen saostus on käytännössä ainoa fosforinpoistomenetelmä Suomessa sillä kokonaan biologisesti fosforia poistavia puhdistamoja ei ole. Kemiallinen fosforinpoisto ei kuitenkaan kokonaan sulje pois biologista fosforinpoistoprosessia, sillä kemiallisen saostuksen rinnalla fosforia sitoutuu lietteeseen myös biologisesti. Prosessijärjestelyillä biologista fosforinpoistoa voidaan tehostaa, mutta puhdistusvaatimuksiin pääsemiseksi saostuskemikaalin lisäys on välttämätön.

Kemiallisen fosforinpoiston lisäksi puhdistusprosessissa tarvitaan kemikaaleja yleisesti pH:n säätöön, lietteen laskeutuvuus- ja kuivautuvuusominaisuuksien parantamiseen ja joissain tapauksissa lähtevän veden hygienisointiin. pH:n säätöön käytetään kalkkia, lipeää, soodaa tai rikkihappoa riippuen siitä, vaatiiko prosessin toiminta happamampia vai emäksisempiä olosuhteita. Oikea pH:n taso edesauttaa optimaalisen kemikaaliannostuksen säädössä ja tuo säästöjä kemikaalien kokonaiskulutukseen. Lietteiden ominaisuuksia parannetaan polymeerillä, joita on useita laatuja ja niiden soveltuvuus on testattava puhdistamokohtaisesti kun käytettävästä polymeerilaadusta päätetään. Polymeeriä voidaan syöttää jälkiselkeytysvaiheessa ja yleensä ainakin ennen lietteen mekaanista kuivausta. Lähtevän veden hygienisointiin voidaan käyttää klooriyhdisteitä, happoa tai otsonia.

Pelkästään kemiallisilla menetelmillä ei saavuteta kaikkien lika-aineiden osalta tarpeeksi tehokasta puhdistustulosta vaan prosessissa on aina biologinen osa. Kemiallisen saostuksen ja biologisen prosessin tapahtuessa samassa altaassa puhutaan rinnakkaissaostuksesta.

5.1.3

Biologiset prosessit

Biologisilla prosesseilla vähennetään jäteveden sisältämien ravinteiden ja orgaanisen aineen määrää mikrobitoiminnan avulla. Ravinteidenpoisto perustuu Suomessa tyypen osalta biologiseen mikrobitoimintaan ja fosforinpoisto kemialliseen saostukseen, mutta jäteveden mikrobit pystyvät käyttämään ja sitomaan itseensä myös fosforia, jota on jätevedessä niiden tarpeisiin nähden ylen määrin. Fosforia on mahdollista poistaa jätevedestä biologisin menetelmin varsin tehokkaasti erilaisilla allasjärjestelyillä ja prosessin käyttötavoilla, mutta nykypäivän tiukkoihin lupamääräyksiin pääseminen vaatii lisäksi kemiallisen saostuksen. Biologisen toiminnan seurauksena poistuu jätevedestä myös haitallisia aineita sitoutumalla lietteeseen tai hapettumalla ja niiden lisäksi taudinaiheuttajia, jolloin veden hygieeninen laatu paranee.

Yleisimmin puhdistamoilla on käytössä aktiivilieteprosessi, jossa mikrobit elävät vapaina lietteessä tai kiinnittyneinä epäorgaanisten ja orgaanisten hiukkasten muodostamiin hiukkasrykelmiin flokeiksi. Käytössä on myös kantoaineprosesseja kuten biosuodin, bioroottori ja biologinen suodatin, joissa mikrobit ovat kiinnittyneinä biofilminä kasvualustaan, kuten erilaisiin kennostoihin tai muovikappaleisiin.

Orgaanisen aineksen poisto

Orgaanisen aineksen poisto perustuu luonnon omiin hajotusprosesseihin, jotka jätevedenpuhdistamoilla tapahtuvat hallitusti. Jäteveden mikrobitoiminnassa mikrobien muodostama biomassa käyttää kasvaessaan hengitykseen hapetta ja ravintonaan jäteveden sisältämiä orgaanisia hiiliyhdisteitä. Lopputuotteena syntyy uusia soluja, hiilidioksidia ja vettä. Orgaanisen aineen määrää mitataan biologisen toiminnan aiheuttamana hapenkulutuksena (BHK).

Orgaanisen aineksen määrän vähentäminen tapahtuu pääosin puhdistamoiden biologisen prosessin aerobisissa osissa. Näitä ovat aktiivilieteprosessin ilmastusallas, aerobinen biosuodatin, aerobinen biologinen suodatin tai bioroottori. Jos viipymä aerobisessa prosessissa on riittävä, samassa vaiheessa tapahtuu myös ammoniumtyypen hapettuminen nitraatiksi eli nitrifikaatio, jota kuvataan seuraavassa kappaleessa. Orgaanista ainesta poistuu osittain myös anoksisissa ja anaerobisissa prosessivyöhykkeissä sekä esisaostuksessa, jos nämä vaiheet kuuluvat puhdistamoprosessiin.

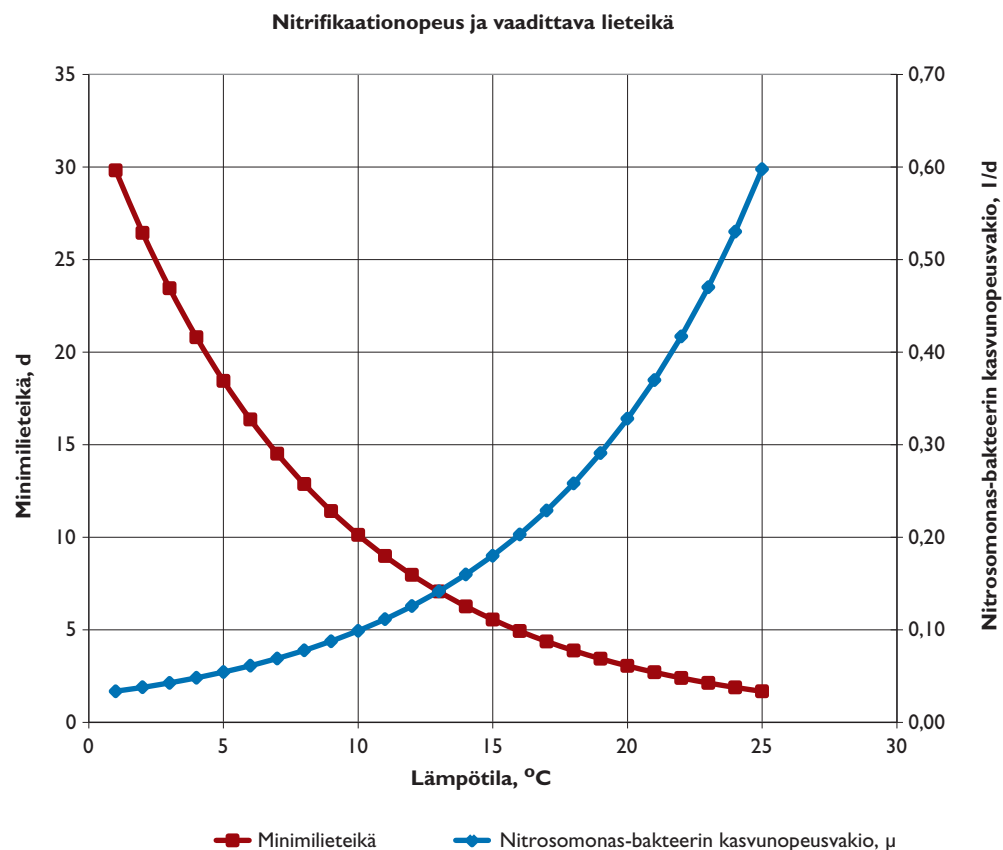
Bakteerien kasvuun perustuvan orgaanisen aineksen poiston yhteydessä jätevedestä poistuu myös bakteerien solumassaan sitoutunutta fosforia ja tyypeä ylijäämalietteen poiston yhteydessä. Ravinnesuhteet yhdyskuntajätevedessä ovat kuitenkin sellaiset, että fosforinpoistoa on tarpeen tehostaa kemiallisella käsittelyllä. Myös silloin, kun tyypenpoistoa edellytetään vesistöolosuhteiden vuoksi, tehostettu tyypenpoisto biologisilla menetelmillä on tarpeen.

Biologinen tyypenpoisto

Ihmisperäisestä materiaalista muodostuneessa jätevedessä typpi on aluksi sitoutuneena orgaanisiin yhdisteisiin, mutta hajoaa hydrolyysin avulla ammoniummuotoon. Tämän jälkeen biologinen tyypenpoisto on kaksivaiheinen prosessi, joka perustuu nitrifikaatioon ja denitrifikaatioon. Ensimmäisessä vaiheessa autotrofiset nitrifikaatiobakteerit muuttavat ammonium-muodossa olevan typen nitriitin kautta nitraatiksi.

Nitrifikaatiobakteerit tarvitsevat kasvaakseen ammoniumioneja ja happea, minkä vuoksi nitrifikaatio tapahtuu ilmastetuissa altaissa, joissa ylläpidetään bakteereille sopiva happipitoisuus. Nitrifikaatio on yleensä jätevedenpuhdistuksen herkin ja hitain prosessi, johon vaikuttavat ilmastusaltaan koko eli ilmastustilavuus, viipymä ilmastusaltassa, happipitoisuus, prosessin lämpötila, pH ja alkaliteetti, tulevan jäteveden hiili-typpisuhde ja nitrifikaatiota inhiboivat aineet. Nitrifikaationopeus hidastuu merkittävästi lämpötilan laskiessa kuvan 21 mukaisesti ja typenpoisto vaikeutuu kun prosessin lämpötila laskee alle 12 °C.

Toisessa typenpoiston vaiheessa heterotrofiset denitrifikaatiobakteerit pelkistävät syntyneen nitraatin typpikaasuksi, joka poistuu ilmakehään. Denitrifikaatio vaatii prosessiin anoksisen altaan, sillä hapettomissa olosuhteissa denitrifikaatiobakteerit käyttävät hapen lähteenä nitraatin sisältämää happea. Hapellisissa oloissa denitrifikaatiobakteerit voivat kasvaa, mutta eivät silloin pelkistä nitraattia. Denitrifikaatiobakteerit saavat energiansa käyttämällä ravinnoksi orgaanista ainesta, joka voidaan saada kolmella tavalla: käyttämällä hyväksi mikrobien endogeenihengitystä, käyttämällä hyväksi orgaanista ainesta käsittelemättömästä jätevedestä tai lisäämällä prosessiin sopivaa orgaanista ainetta. Aktiivilieteprosessilla voidaan denitrifikaatiovaiheen jälkeen saavuttaa yli 90 % typenpoistoreduktio ilman jälkisuodattustakin, jos tulevan jäteveden orgaanisen aineen määrä on poikkeuksellisen suuri esimerkiksi elintarviketeollisuuden jätevesien johdosta.



Kuva 21. Lämpötilan vaikutus lieteikään ja nitrifikaatiobakteerien toimintaan. Kuva: Matti Valve

Biologinen fosforinpoisto

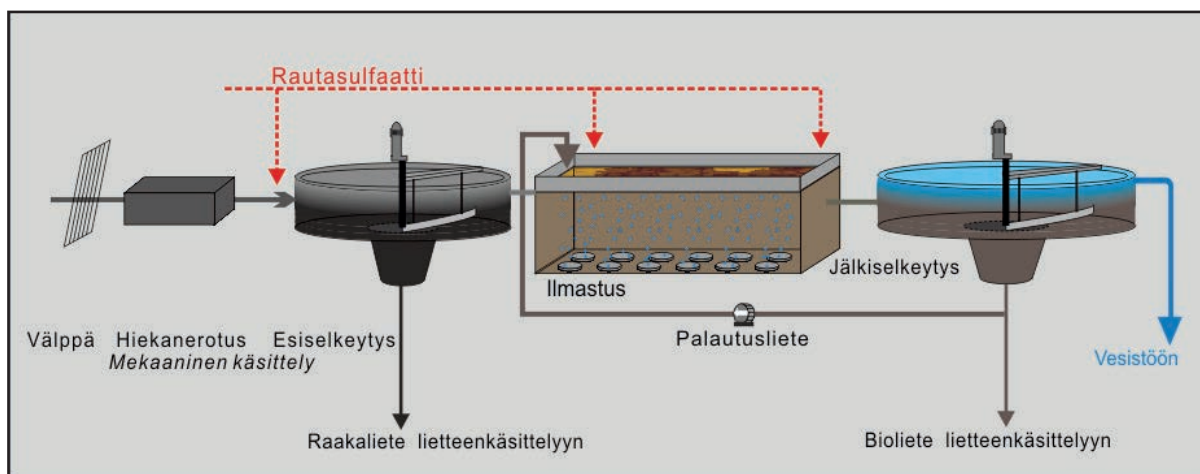
Biologinen fosforinpoisto perustuu mikrobeihin, jotka pystyvät varastoimaan soluunsa suuren määrän fosforia polyfosfaatteina. Tämä vaatii prosessissa aerobisen ja anaerobisten olojen vaihtelua. Fosforin sitoutuminen soluihin tapahtuu aerobisissa oloissa, jolloin mikrobit käyttävät energian lähteenä anaerobisten olojen aikana soluun varastoituneita orgaanisia yhdisteitä. Anaerobisissa olosuhteissa bakteerit käyttävät energianlähteenään aerobisessa vaiheessa sitoutuneita polyfosfaatteja, jotka vapautuvat jäteveten fosfaattina.

Kemialliseen fosforinpoistoon verrattuna biologisen fosforinpoiston etu on kemikaalikulutuksen alentuminen. Toisaalta biologisessa puhdistusprosessissa tuotetun lietteen kuivausominaisuudet ovat yleensä heikommät kuin raskaammalla kemiallisella lietteellä. Biologinen prosessi on myös vaativampi operoida ja vaatii enemmän osaamista käyttöhenkilökunnalta. Fosforinpoistovaatimuksien saavuttamiseksi on biologista fosforinpoistoa harjoittavilla laitoksilla varattava mahdollisuus poistaa fosforia myös kemiallisesti.

5.1.4

Mekaanis-biologis-kemialliset prosessit

Useimmat jätevedenpuhdistamoiden prosessit toimivat mekaanis-biologis-kemiallisella periaatteella, eli ne ovat yhdistelmä edellä mainituista prosesseista. Yksikköprosessien tasolla tarkasteltuna saadaan runsaasti variaatioita puhdistusprosesseista, kun otetaan huomioon esimerkiksi selkeytyslaitteiden muodot ja biologisen puhdistuksen ratkaisut, allasjärjestelyt ja lietekierto. Kuvassa 22 on esimerkki mekaanis-biologis-kemiallisesta prosessista ja seuraavassa kappaleessa on tarkasteltu käytössä olevia yksikköprosesseja yleisellä tasolla.



Kuva 22. Esimerkki mekaanis-biologis-kemiallisesta prosessista. Kuva: Matti Valve

5.2

Yleisimmät jätevedenpuhdistuksen yksikköprosessit Suomessa

Tässä kappaleessa esitellään suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla laajasti käytössä olevia tekniikoita ja yksikköprosesseja, joita käytetään pohjana luvun 7 BAT-päätelmiin.

Tulevan veden järjestelyt

Tasausaltaat

Puhdistamo toimii sitä paremmin, mitä tasaisempia ovat sinne tuleva virtaama ja kuormitus. Virtaamavaihteluita voidaan tasata ennen puhdistamoa tulotunnelissa, tasausaltaissa tai puhdistamoprosessin salliessa esiselkeytysaltaissa. Kuten luvussa 3 todettiin, hyvin suuria virtaamavaihteluita ei näillä järjestelyillä pystytä kovin paljon helpottamaan, mutta normaalien vuorokausivirtaaman tasaamiseen ne soveltuvat mainiosti. Myös laaja viemäriverkko voi osaltaan tasata virtaamia. Tasausaltaiden hyöty on myös varastoinnin aikana tapahtuva veden laadun tasaantuminen ennen puhdistamoprosessia, jolloin esimerkiksi kuormituspiikkien vaikutus vähenee. Tasausaltaista jätevesi voidaan johtaa puhdistamolle hallitusti. Altaat voivat sijaita puhdistamon läheisyydessä tai osana viemäriverkostoa ja ne voivat olla esimerkiksi lammikoita, varta vasten tasausaltaiksi rakennettuja altaita tai vanhojen, käytöstä poistettujen puhdistamoiden altaita.

Tulopumppaus

Puhdistamolle tuleva jätevesi siirretään puhdistusprosessin alkuun joko verkostopumppaamoiden tai puhdistamoalueella sijaitsevan tulopumppaamon avulla. Pumppujen käynnistys on ohjattava siten, etteivät virtaamapulssit haittaa kohtuuttomasti esikäsittelyn yksikköprosesseja, kuten välppäystä tai esiselkeytystä.

Esikäsittelyn yksikköprosessit

Esikäsittelyn tarkoituksena on erotella suurimmat ja haitallisimmat kiintoainepartikkelit jätevedestä, jotta ne eivät pääsisi etenemään prosessin myöhempiin osiin. Partikkelit, kuten muovit ja hiekka saattavat tukkia tai muuten vahingoittaa pumppuja tai tukkia kanavia, joten ne on hyvä poistaa heti prosessin alkuvaiheessa. Taulukkoon 9 on koottu käytössä olevia esikäsittelyn yksikköprosesseja.

Taulukko 9. Esikäsittelyn yksikköprosessit tarkastelluissa puhdistamoissa.

Yksikköprosessi	Suuret (20 kpl)	Keskisuuret (24 kpl)	Pienet (13 kpl)
Välppäys	20	24	13
Hiekanerotus	20	24	5
Esi-ilmastus	9	3	1
Esiselkeytys	20	15	2

Välppäys

Ensimmäiseksi jätevedestä poistetaan kaikista suurimmat jakeet, kuten oksat, ruoan-tähteet ja muut viemäriin kuulumattomat kappaleet. Käytössä on karkeavälppiä (säleväli yli 6 mm) ja hienovälppiä (säleväli 3 mm), rumpusiivilöitä tai levynauha (reikäkoko tai erotuskyky esimerkiksi 6 mm) sekä näiden yhdistelmiä. Prosessissa erottuva välpe voidaan pestä ja puristaa välpepuristimella, jonka jälkeen se siirretään lavalle ja kuljetetaan jätteenkäsittelyyn. Jokaisella tarkastellulla jätevedenpuhdistamolla on esikäsittelyn osana välppäys.

Hiekanerotus

Hiekanerotuksessa pyritään jätevedestä erottamaan tulevan virtaaman mukanaan tuoma hiekka ja muu raskas materiaali. Erotettu hiekka mahdollisesti pestään hiekkapesurissa, siitä erotetaan vesi ja se siirretään jätelavalle sekä kuljetetaan jätteenkäsittelyyn. Puhdistamoilla on yleensä käytössä ilmastettu hiekanerotus, jossa ilmastus ei estä hiekkaa laskeutumasta, mutta kevyemmät orgaaniset hiukkaset siirtyvät altaasta eteenpäin.

Esi-ilmastus

Esi-ilmastuksessa jätevesi sekoittuu ilmastuksen avulla ja samalla tapahtuu rasvojen ja muiden vettä kevyempien aineiden erottumista. Lisäksi vedestä poistuu haitallisia kaasuja. Esi-ilmastus voidaan toteuttaa myös hiekanerotusaltaassa.

Esiselkeytys

Esiselkeytyksessä jäteveden raskaat kiintoainehiukkaset erotetaan laskeuttamalla ja syntynyt raakaliete poistetaan altaan lietetaskusta, joka joissain tapauksissa voi toimia myös sakeuttamona. Esiselkeytin voi olla varustettu mahdollisuudella tehostettuun kemialliseen saostukseen, jota voidaan käyttää jatkuvasti tai vain suuren virtaaman aikaan. Tällä vähennetään biologisen osan kuormitusta ja esiselkeyttimen jälkeen tapahtuvan ohituksen kuormitusta ympäristöön.

5.2.3

Biologis-kemiallinen käsittely

Biologis-kemiallisen käsittelyn tavoitteena on poistaa jätevedestä fosforia, typpeä ja orgaanista ainesta. Puhdistusmenetelmänä on yleisimmin aktiivilieteprosessi, jonka yksikköprosessit ovat ilmastus, jälkiselkeytys ja fosforin rinnakkaissaostus. Prosessiin voi kuulua myös hapettomia tai vähähappisia sekoitettuja vyöhykkeitä. Aktiivilietteen voi myös korvata jokin kantoaineprosesseista. Biologis-kemiallisesta käsittelystä vesi johdetaan joko suoraan, tai tarvittaessa jälkikäsittelyn kautta vesistöön. Taulukossa 10 esitetään biologis-kemiallisen käsittelyn yksikköprosesseja.

Taulukko 10. Biologis-kemiallisen käsittelyn yksikköprosessit tarkastelluissa puhdistamoissa

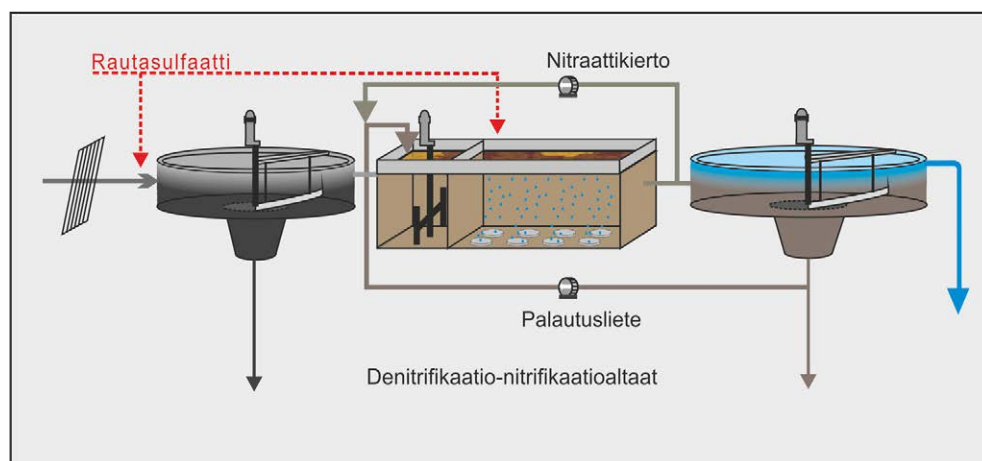
Yksikköprosessi	Suuret (20 kpl)	Keskisuuret (24 kpl)	Pienet (13 kpl)
Aktiiviliete	20	21	13
Kantoaineprosessi	-	3	-
- biosuodin	-	-	-
- bioroottori	-	1	-
- biologinen suodatus	-	2	-
Jälkiselkeytys	20	22	13
Fosforin kemiallinen saostus	20	24	13

Aktiivilieteprosessi

Biologisen vaiheen ollessa aktiivilieteprosessi, tulee osion altaissa olla tarvittavat lohkojärjestelyt: nitrifikaatiolle ja orgaanisen aineen poistolle aerobinen lohko, denitrifikaatiolle anoksinen lohko ja mahdolliselle biologiselle fosforinpoistolle anaerobinen lohko. Aerobisen vaiheen tilavuuden on oltava riittävän suuri, veden happipitoisuuden tulee olla noin 2 mg/l ja pH:n tulisi olla yli 6,8. Ilmastamaton osuus prosessista tulee varustaa virtauskehittimillä, jotta aktiiviliete ei pääse laskeutumaan.

Kokonaistypenpoistoon tarvitaan joskus ulkoinen hiililähde, kuten metanoli. Aktiivilieteprosessin lohkojärjestyksestä on useita variaatioita, mutta usein käytössä on DN-prosessi, jossa denitrifikaatio on sijoitettu ennen nitrifikaatioalasta. Siten saadaan tulevan jäteveden orgaaninen hiili denitrifikaatioprosessin käyttöön ja lietekierrolla varmistetaan tehokas kokonaistypenpoisto (Kuva 23).

Aktiivilietteen nitrifikaation tehostaminen vapaasti kelluvilla muovisilla kantoainekappaleilla ei Suomessa ole vielä laajasti käytössä. Kantoaineen lisääminen prosessiin lisää lietteen reaktiopinta-alaa ja siten ilmastuksen tilavuus voidaan mitoitaa pienemmäksi. Tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että kantoainekappaleilla varustetun aktiivilieteprosessin nitrifikaatiopotentiaali on selvästi suurempi vain ääriolosuhteissa, kuten kylmien sulamisvesien aikaan.



Kuva 23. Rinnakkaissaostuksella varustettu DN-prosessi. Kuva: Matti Valve

Kantoaineprosesstit

Kantoaineprosessit ovat biologisia vedenkäsittelyprosesseja, jossa lika-aineiden poisto tapahtuu kantoaineen pinnalla elävien mikrobien kasvun seurauksena. Prosesseissa käytetyt kantoaineet voivat olla esimerkiksi muovikappaleita, aktiivihieletä, hiekkaa tai soraa. Tässä käsitellyt tekniikat ovat biosuodin, biologinen suodatin ja bioroottori.

Biosuotimella (trickling filter) puhdistettava vesi johdetaan kantoainekappaleilla väljästi täytetyn reaktorin yläosaan, jossa se sadetetaan kantoaineen päälle ja valuu kantoainetta pitkin alas. Kantoaineen pinnalle muodostuu biofilmi, jonka mikrobit käyttävät lika-aineita kasvuunsa. Kantoaineen välissä on ilmatilaa, josta mikrobit saavat happea.

Biologinen suodatin on biosuotimen tavoin täytetty kantoaineella, jonka läpi jätevesi virtaa. Biosuotimesta poiketen virtaussuunta voi olla myös alhaalta ylös. Suodatinsolut voivat olla joko nitrifioivia tai denitrifioivia. Nitrifioivia suodatinsoluja tulee ilmastaa, jotta niissä saadaan aikaan aerobiset olosuhteet orgaanisen aineen poiston ja nitrifikaation mahdollistamiseksi. Denitrifioivat solut puolestaan vaativat anoksiset olosuhteet ja yleensä myös ulkoisen hiilenlähteen lisäyksen. Biologisen suodattimen jälkeen ei tarvita jälkiselkeytysaltaita.

Bioroottorissa kantoaineen muodostavat kiekot, joiden pinnalle biofilmi kiinnittyy. Kiekot on kiinnitetty vaakakseliin ja sijoitettu altaaseen, jossa ne ovat osittain upotettuna puhdistettavaan veteen. Kiekkojen pyöriessä biofilmin mikrobit saavat happea ja nitrifikaatio toteutuu. Tarpeeksi paksuksi kasvanut biologinen kerrostuma irtaantuu kiekon pinnalta ja huuhtoutuu jälkiselkeytysaltaaseen.

Jälkiselkeyty

Jälkiselkeytyksessä erotetaan biologisessa osassa syntynyt liete laskeuttamalla. Jälkiselkeytinaltaat ovat suuria, koska biomassassa on hitaasti laskeutuvaa ja vaatii selkeyttimen pintakuorman alle 1 m/h. Lietteen laskeutuvuutta voidaan parantaa polymeerin lisäyksellä. Jälkiselkeyttimen pohjalla olevasta lietetaskusta liete pumpataan palautuslietteenä takaisin ilmastukseen tai johdetaan lietteenkäsittelyyn prosessivaihtoehdosta riippuen.

Kemiallinen fosforinpoisto rinnakkaissaostuksena

Suomessa vaadittavien lupamääräysten täyttämiseksi biologisessa osassa tapahtuvaa fosforin sitoutumista täydennetään kemiallisella saostuksella. Fosforin saostusmikaalina käytetään useimmiten rauta- tai alumiinisuoloja, jotka syötetään yleensä prosessin alkuun esikäsittelyvaiheeseen tai kaksipisteannosteluna prosessin alkuun ja loppuvaiheeseen ennen jälkiselkeytystä.

5.2.4

Jälkikäsittely

Jälkikäsittelyssä puhdistustulos viimeistellään, mikäli ympäristöluvan mukaisia lähtevän veden pitoisuuksia ei pystytä saavuttamaan prosessin biologis-kemiallisessa osassa. Jälkikäsittelyprosesseista kiintoaineen ja fosforijäännöksen vähentämiseen soveltuvat hiekkasuodattimet; flotaatio ja kemiallinen jälkisaostus. Typen määrää voidaan vähentää denitrifioivalla biologisella suodattimella. Taulukosta 11 huomataan, että jälkikäsittelymenetelmiä on käytössä kaikkien kokoluokkien puhdistamoilla. Hygienisoinnin käytöstä ja vaatimuksista ei kerätty tietoa tässä tutkimuksessa, mutta se saattaa olla joissain tapauksissa tarpeellista etenkin kesäkuukausina, jolloin vesistöjen virkistyskäyttö on vilkkaimmillaan.

Taulukko 11. Jälkikäsittelyn yksikköprosessit tarkastelluissa puhdistamoissa.

Yksikköprosessi	Suuret (20 kpl)	Keskisuuret (24 kpl)	Pienet (13 kpl)
Biologinen suodatin	3	0	0
Jälkisuodatin	2	3	2
Flotaatioselkeytin	3	6	1
Laskeutusselkeytin	2	3	1
Kosteikko	1	1	0
Hygienisointi	n/a	n/a	n/a

Biologinen suodatin

Jälkikäsittelynä biologista suodatinta käytetään yleensä typenpoistotehokkuuden parantamiseen, mutta se parantaa jonkin verran myös fosforin- ja kiintoaineen poistoa toimiessaan mekaanisena suodatuksena. Biologisen suodattimen toimintaa on käsitelty myös edellisessä kappaleessa. Biologisessa suodattimessa joudutaan lähielähteenä käyttämään esimerkiksi metanolia, sillä denitrifikaatiobakteerit tarvitsevat ravinnokseen orgaanista ainesta, jota biologis-kemiallisen käsittelyn jälkeen ei jätevedessä ole paljoa jäljellä.

Jälkisuodatin

Jälkisuodatuksessa jätevesi johdetaan suodatinpatjan läpi, jonka materiaalina on yleisimmin hiekka. Jälkisuodatusta käytetään fosforin puhdistustuloksen tehostamiseen ja se voidaan toteuttaa perinteisenä staattisena suodattimena tai jatkuvatoimisena suodattimena.

Flotaatioselkeytin

Flotaatioselkeyttimelle johdettavaan jäteveeseen annostellaan ensin sekoitusaltaassa saostuskemikaalia, jolloin vedessä olevat kiintoainepartikkelit ja kolloidit muodostavat flokkeja. Tämän jälkeen käsitelty jätevesi johdetaan flotaatioaltaaseen, jossa käytettävästä flotaatiomenetelmästä riippuen veteen puhalletaan paineilmaa, muuta kaasua tai dispersiovettä. Vedessä olevat mikrokuplat nostavat flokit pintaan liete-kerrokseksi, joka poistetaan ja puhdistettu vesi johdetaan eteenpäin.

Laskeutuselkeytin

Laskeutuselkeyttimellä saadaan vähennettyä veden kiintoaineen ja ravinteiden määrää saostuskemikaalin lisäyksellä ja nopealla flokkuloinnilla, minkä seurauksena syntynyt sakka laskeutetaan selkeytinaltaassa.

Kosteikko

Puhdistetun jäteveden vesistövaikutusta voidaan jonkin verran vähentää johtamalla se ennen vastaanottavaa vesistöä kosteikon läpi. Kylmä kausi heikentää kosteikon toimintaa, mikä rajoittaa menetelmän ympärivuotista käytettävyyttä.

Hygienisointi

Hygienisoinnin tarkoituksena on vähentää puhdistetun jäteveden tai lietteen patogeenien määrää. Suomessa hygienisointiin käytettäviä menetelmiä ovat UV-käsittely ja kemiallinen hapettaminen. Perinteisesti kemikaalina on käytetty klooriyhdisteitä, mutta ne muodostavat jäteveden orgaanisten yhdisteiden kanssa haitallisia yhdisteitä. Muita kemikaaleja, kuten muurahaishapon ja vetyperoksidin yhdistelmää on jo kokeiltu. Tällöin on saavutettu riittävä hygienisointitulos ilman myrkyllisiä sivutuotteita. Myöskään ultraviolettikäsittelyssä ei muodostu myrkyllisiä sivutuotteita, mutta se vaatii erittäin kirkkaan jäteveden eli usein jätevesien jälkikäsittelyn toimiakseen tehokkaasti. Muualla maailmassa hygienisointiin on käytössä myös kalvosuodatusmenetelmiä.

5.2.5

Poistojärjestelyt

Poistopumppaus

Lähtevä vesi johdetaan omalla painollaan tai tarvittaessa pumpataan vastaanottavaan vesistöön. Purkupiste tulee valita huomioon ottaen vaikutukset vastaanottavan vesistön tilaan ja käyttöön. Purkujärjestely tulisi toteuttaa siten, että jäteveden sekoittuminen on tehokasta.

Ohitusvesien käsittely

Mikäli puhdistamon hydraulinen kapasiteetti ei huippuvirtaamatilanteessa riitä käsittelemään kaikkea tulevaa jätevettä on tarpeellista ohittaa biologinen prosessi, jotta se saadaan säilytettyä toimintakykyisenä. Ohitus tapahtuu yleensä esiselkeyttimen jälkeen ennen biologista vaihetta, jolloin osa epäpuhtauksista on saatu poistettua vedestä esikäsitellyssä. Ohitusveden ympäristöön aiheuttamaa kuormitusta voidaan leikata esimerkiksi esiselkeytysaltaassa tapahtuvalla suorasaostuksella tai erillisellä prosessivaiheella, jossa kemiallisen saostuksen erotusmenetelmänä on flotaatio tai lamelliselkeytys. Mikrohiekan avulla laskeutumisnopeutta voidaan merkittävästi kasvattaa.

Lietteenkäsittely

Puhdistamolietteeseen päätyy kaikki materiaali, mikä poistetaan jätevedestä välipäyksen ja hiekanerotuksen jälkeen. Lietettä poistetaan prosessista raakalietteenä esiselkeytyksestä ja ylijäämälietteenä ilmastusaltaasta tai jälkiselkeyttimestä. Raakaliete on raskaampaa ja se laskeutuu nopeammin ja on helpommin kuivattavaa. Ylijäämälietteessä puolestaan on enemmän biologista materiaalia, jonka laskeutuvuus on hitaampaa ja kuivaaminen hankalampaa. Raaka- ja ylijäämälietteen yhdistelmää kutsutaan sekalietteeksi. Taulukkoon 12 on koottu lietteenkäsittelyyn kuuluvia prosessiyksiköitä.

Taulukko 12. Lietteenkäsittelyn yksikköprosesseja tarkastelluissa puhdistamoissa.

	Yksikköprosessi	Suuret (20 kpl)	Keskisuuret (24 kpl)	Pienet (13 kpl)
Tiivistys	Sakeutus	19	22	12
Stabilointi	Mädätys tontilla	13	3	-
	Ulkopuolinen mädätys	n/a	n/a	n/a
	Kalkkistabilointi	n/a	n/a	n/a
	Kompostointi	9	15	7
Kunnostus	Kemiallinen	n/a	n/a	n/a
	Terminen	n/a	n/a	n/a
Mekaaninen kuivaus	Linko	19	19	2
	Suotonauhapuristin	-	1	2
	Ruuvipuristin	1	3	-
	Terminen kuivaus	1	-	-
	Rumpukuivain	-	-	1

Tiivistys

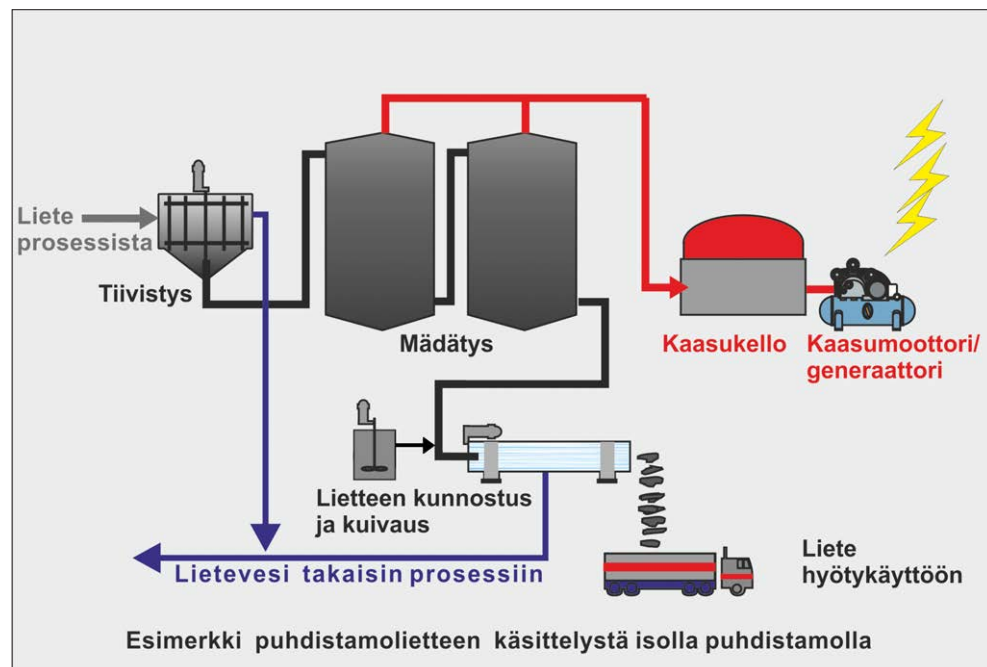
Tiivistyksestä käytetään myös nimeä sakeutus. Sakeutuksen tarkoituksena on pienentää lietemäärää erottamalla lietteestä nestettä laskeuttamalla tai mekaanisten laitteistojen avulla. Erottuva neste palautetaan jäteveden käsittelyprosessiin. Sakeutusta voidaan tehostaa polymeerillä. Gravitaatiosakeutus tapahtuu joko selkeytysaltaan pohjan suurennetussa lietetaskussa tai erillisissä sakeuttamoaltaissa. Mekaanisten laitteiden osalta sakeutukseen käytetään esimerkiksi rumputiivistimiä.

Stabilointi

Stabiloinnilla keskeytetään tai saatetaan loppuun mikrobien hajotustoiminta, jolloin lietteen hygieeninen laatu paranee ja hajuhaitat vähenevät. Stabiloinnilla pyritään lietteen määrän vähentämiseen ja jatkokäsittelyn helpottamiseen.

Suurilla puhdistamoilla yleisin käytössä oleva stabilointimenetelmä on mädätys, jossa lietteen orgaanista ainesta hajotetaan joko termofiilisesti 50 - 55 °C tai mesofiilisesti 35 - 37 °C lämpötilassa. Mädätyksen tuotteena syntyy metaania ja hiilidioksidia. Kun mädättämö sijaitsee puhdistamon tontilla, siitä saadulla energialla voidaan kattaa suuri osa puhdistamon sähkö- ja lämpöenergian tarpeesta. Mädätys vaatii mädättämölaitteiston investointien lisäksi osaamista käyttäjiltä. Lisäksi mädätyksestä syntyvä rejekti kuormittaa puhdistusprosessia sisäisesti. Kuvassa 24 esitetään lietteenkäsittelyprosessi, johon sakeutuksen jälkeen kuuluu stabilointi mädättämössä, kemiallinen kunnostus ja mekaaninen kuivaus.

Muita käytössä olevia stabilointimenetelmiä ovat kalkkistabilointi ja kompostointi. Kalkkistabiloinnissa lietteeseen lisätään kalkkia kuivausprosessia ennen tai sen jälkeen. Tällöin lietteen pH nousee niin korkeaksi, että patogeenit inaktivoituvat. Kompostointiin on käytettävissä useita eri tekniikoita, joista yleisimmät ovat auma- ja rumpukompostointi. Menetelmästä riippumatta on tärkeää, että kompostoitavassa massassa vallitsee oikea happi- ja kosteuspitoisuus, jotta bakteeritoiminta pysyy yllä.



Kuva 24. Esimerkki puhdistamolietteen mädätyksestä ja kuivauksesta koostuvasta lietteenkäsittelyprosessista. Kuva: Matti Valve

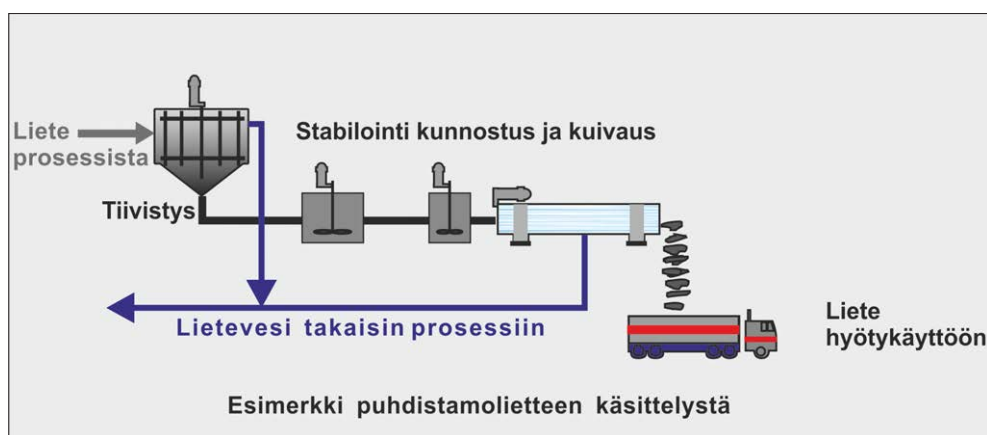
Kunnostus

Lietteen kunnostuksella parannetaan sen vedenluovutusominaisuuksia. Tämä kuivattavuuden paraneminen saadaan aikaan joko termisesti tai kemikaalien avulla. Käytettäessä orgaanisia polyelektrolyyttejä (polymeerejä), voidaan keskipakovoi- maan (lingot) tai puristukseen (suotonauhat) perustuvilla mekaanisilla kuivaus- menetelmillä altistaa liete suuremmille voimille, jolloin saadaan aikaan kuivempi lopputuote samalla, kun rejektiveden laatu pysyy kohtuullisena. Termisessä tai kemiallisessa hydrolyysissä taas on tarkoituksena kasvattaa lietteen kuiva-ainepitoi- suutta hajottamalla lietteessä olevien bakteerien solurakenne, mikä vapauttaa niihin varastoituneen veden. Terminen hydrolyysi kuluttaa paljon energiaa, sillä se perustuu lietteen jäädytykseen tai kuumentamiseen. Kemiallisessa hydrolyysissä liete käsitel-

lään hapettavilla aineilla, kuten rikkihapolla tai vetyperoksidilla, minkä lopuksi sen pH:ta saatetaan säätää esimerkiksi kalkilla. Kaikilla puhdistamoilla, joilla on käytössä mekaaninen kuivauslaitteisto, käytetään kunnostusmenetelmänä polymeerin syöttöä. Kemiallinen hydrolyysi on käytössä esimerkiksi Oulussa ja Porissa.

Mekaaninen kuivaus

Mekaanisella kuivauksella lietteen kuiva-ainepitoisuutta nostetaan ennen jatkokäsittelyä tai poiskuljetusta. Yleisin kuivausmenetelmä on linkous, mutta käytössä on myös suotonauhapuristimia ja ruuvipuristimia. Mekaanisessa kuivauksessa tulee löytää optimipiste, missä rejektin laatu on riittävän hyvä (erotusaste) ja kuivatun lietteen kuiva-aine on riittävän korkea. Lietettä voidaan kuivata myös termisesti haihduttamalla siitä vettä, mutta sitä ennen liete tulisi käsitellä mekaanisesti mahdollisimman kuivaksi, koska veden haihduttamiseen tarvittava energian määrä on huomattava. Termisessä kuivauksessa tulisi ylimääräinen lämpö ottaa talteen energian hukkan välttämiseksi. Tutkituista laitoksista terminen kuivaus on käytössä Joensuussa. Mekaanisen kuivauksen toiminta on puhdistamon toiminnan kannalta tärkeässä roolissa, koska se on ainoa tapa poistaa laitokselta lietettä. Kuvassa 25 on esimerkki puhdistamolietteen kuivausprosessista.



Kuva 25. Esimerkki puhdistamolietteen kuivausprosessista. Kuva: Matti Valve

5.2.6

Lietteen hyötykäyttö

Lietteen jatkokäsittely on rajattu tämän tarkastelun ulkopuolelle. Kuitenkin tässä yhteydessä on hyvä mainita, että resurssitehokkuuden parantamiseksi tulisi lietteen sisältämien ravinteiden kierrätystä edistää. Jotta jäteveden käsittelyssä erotetut ravinteet saataisiin takaisin luonnon kiertoon ja estettyä niiden joutuminen vesistöihin, tulee liete saada sellaiseen muotoon, että sitä voidaan hyödyntää viherrakentamisessa tai lannoitteena peltoviljelyssä. Toissijaisesti liete voidaan polttaa, mikä on pyrittävä tekemään mahdollisimman energiatehokkaasti. Puhdistamolla voidaan vaikuttaa siihen, minkä laatuista ja miten helposti jatkokäsiteltävää lietettä saadaan.

6 Päätelmiä päästö- ja kustannustasoista

Tässä selvityksessä tarkastellut puhdistamot edustavat hyvin suomalaista jätevesien puhdistusta. Niissä on edustettuna kaikkia kokoluokkia ja erilaisia prosessiratkaisuja. Kerättyyn aineistoon pohjautuvan tulosten tarkastelun ja asiantuntijatiedon pohjalta voidaan päätellä, mihin kulutus- ja päästötasoihin jätevesien puhdistuksessa voidaan käytössä olevilla puhdistustekniikoilla päästä ja esittää parhaan käyttökelpoisen tekniikan periaatteiden mukaan toimivilla puhdistamoilla saavutettavat päästötasot.

6.1

Päästötasot suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla

Tässä kappaleessa tarkastellaan puhdistamoilla saavutettavia päästötasoja perustuen luvussa 4 esitettyyn summakäyrätarkasteluun. Summakäyrien pohjatietona olivat tarkasteltujen puhdistamoiden lähtevän veden jäännöspitoisuudet vuosilta 2010 ja 2011, joista laskettiin vuositason mediaaniarvot ja edelleen näiden kahden luvun keskiarvo. Tuloksissa ei ole otettu huomioon puhdistamolla tai verkostossa tapahtuvia ohituksia. Summakäyristä on poimittu seuraaviin taulukoihin (Taulukot 13 - 15) biologisen hapenkulutuksen, kiintoaineen ja kokonaisfosforin mediaaniarvot, jotka 100, 75, 50 ja 25 % puhdistamoista saavuttaa.

Puhdistustuloksen ja tehokkuuden erot puhdistamoiden välillä saattavat johtua monista syistä: tulevan jäteveden laadunvaihtelut, erilaiset ajotavat, sekaviemäröinnin tai huonokuntoisen viemäriverkoston vaikutukset, etenkin pienillä puhdistamoilla teollisuuden ja sesonkiluonteisen vapaa-ajan vaihteluiden vaikutus, sekä ilmastuksen ja kemikaalien säätöjärjestelmien viiveet sekä laitosten eri yksiköiden käsittelykapasiteetit.

6.1.1

Orgaaninen aines

Orgaaninen aines poistuu biologisissa käsittelyprosesseissa yleensä tehokkaasti. Biologisen hapenkulutuksen osalta suurin osa puhdistamoista saavuttaa tason 10 mg/l ja eivätkä alle 5 mg/l tuloksetkaan ole harvinaisia.

Taulukko 13. Saavutettavat BHK₇ (ATU):n päästötasot perustuen tarkasteltujen laitosten vuositason mediaaniarvoihin ja luvussa 4 esitettyyn summakäyrätarkasteluun.

		100 %	75 %	50 %	25 %
BHK ₇ (ATU) (mg/l)	Suuret	11	6,4	5,0	3,0
	Keskisuuret	14	6,7	3,9	2,5
	Pienet	14	7,3	4,9	3,8

Kemiallinen hapenkulutus voi olla tulevassa ja lähtevässä vedessä tavallista suurempi, mikäli puhdistamolla käsitellään sellaisia teollisuusjätevesiä, jotka sisältävät runsaasti vaikeasti hajoavaa orgaanista ainetta.

6.1.2

Kiintoaine

Kiintoaineen poistolla on merkittävä rooli myös ravinteiden, erityisesti fosforin, jäännöspitoisuuksien sekä lähtevän veden hygieniatason parantamisessa. Puhdistusprosessin toimiessa oikein, laskeutuu lieteflokki selkeytysaltaassa hyvin, jolloin kiintoainepitoisuus puhdistetussa vedessä jää alhaiseksi. Tutkituista puhdistamoista suurin osa saavutti kiintoainepitoisuustason < 10 mg/l.

Taulukko 14. Saavutettavat kiintoaineen (SS) päästötasot perustuen tarkasteltujen laitosten vuositaso-
medianiarvoihin ja luvussa 4 esitettyyn summakäyrätarkasteluun.

		100 %	75 %	50 %	25 %
Kiintoaine (mg/l)	Suuret	14	7,5	5,4	3,5
	Keskisuuret	16	9,0	5,4	3,5
	Pienet	22	15	8,8	3,5

Jälkikäsitteily-yksiköllä kiintoaineen poistamista voidaan tehostaa ja varmistaa. Kiintoaineen erotusta voidaan parantaa samoilla jälkikäsitteilymenetelmillä kuin fosforinpoistoa.

6.1.3

Fosfori

Fosforin poistoa tehostetaan saostamalla fosforia kemiallisesti ja poistotehokkuuteen voidaan vaikuttaa kemikaaliannostusta säättämällä. Fosforia poistetaan yleensä esi-, rinnakkais- tai jälkisaostuksella lisäämällä rautapohjaista kemikaalia ennen ilmastusallasta ja/tai jälkeen ilmastusaltaan. Fosforinpoistoa voidaan parantaa edelleen tehostamalla kiintoaineen erotusta polymeerisyötöllä ennen jälkiselkeytystä. Saavutettuihin tuloksiin vaikuttaa myös puhdistamolle annettu ympäristölupamääräyksen taso. Suuri merkitys fosforin poiston tehoon on myös selkeytysaltaan riittävän suurella mitoituksella, sillä fosforin poiston teho korreloi kiintoaineen poistumisen kanssa. Kemiallisen saostuksen keinoin saavutetaan tyypillisesti kokonaisfosforitaso 0,3 - 0,6 mg/l. Mikäli biologisen prosessin sekä jälkiselkeytysaltaan mitoitukset ovat hyvin väljiä, voidaan kemiallisen fosforinpoiston keinoin päästä jopa fosforipitoisuuksiin 0,15 - 0,3 mg/l.

Tutkituilla laitoksilla fosforinpoisto on tehokkainta suurilla ja keskisuurilla laitoksilla, joissa saavutettiin taso 0,06 – 0,5 mg/l. Pienillä laitoksilla saavutettiin taso 0,03-0,9 mg/l.

Taulukko 15. Saavutettavat kokonaisfosforin (P_{kok}) päästötasot (mg/l) perustuen tarkasteltujen
laitosten vuositaso-
medianiarvoihin ja luvussa 4 esitettyyn summakäyrätarkasteluun.

P_{kok} (mg/l)	100 %	75 %	50 %	25 %
Suuret	0,4	0,28	0,23	0,17
Keskisuuret	0,5	0,26	0,17	0,11
Pienet	0,9	0,54	0,27	0,21

Fosforin poistoa voidaan tehostaa jälkikäsitteilyllä eli käytännössä useimmiten joko suodatuksella tai flotaatiolla, jolloin kiintoaineeseen sitoutunut fosfori saadaan tehokkaasti poistettua prosessista. Kuvan 15 summakäyrästä voidaan todeta, että

jälkikäsittelyllä on selkeä vaikutus fosforipitoisuuteen. Fosforipitoisuus oli 0,5 mg/l tai vähemmän kaikissa niissä laitoksissa, joissa oli jälkikäsittely ja 90 %:ssa muista laitoksista. Fosforipitoisuus oli 0,3 mg/l tai vähemmän noin 85 %:ssa jälkikäsittelyllä varustetuissa laitoksissa ja noin 75 %:ssa muissa laitoksissa. Kaikki jäteveden sisältämä fosfori ei saostu kemiallisesti, joten jälkikäsittelylläkin varustetun puhdistamon lähtevässä vedessä on edelleen jonkin verran liukoista fosforia.

6.1.4

Typpi

Biologinen kokonaistypenpoisto edellyttää suotuisia olosuhteita nitrifikaatiolle ja denitrifikaatiolle. Nitrifikaatio- ja denitrifikaatiobakteerit kasvavat hitaasti, joten niiden toiminta edellyttää pitkää lieteikää. Tämä tarkoittaa suurempaa allastilavuutta kuin pelkästään orgaanista ainetta ja fosforia poistettaessa. Nitrifikaatiota hallitaan ohjaamalla lieteikää ja lietepitoisuutta. Kokonaistypenpoisto edellyttää lisäksi riittävän pitkää viipymää, suurempaa ilmastuskapasiteettia kuin orgaanisen aineen poistossa sekä lietteen kierrättämistä aerobisesta lohkoista anoksiseen lohkokseen. Lisäksi nitrifikaation nopeus riippuu voimakkaasti lämpötilasta. Jo viiden asteen lämpötilamuutos kaksinkertaistaa nitrifikaation edellyttämän lieteiän (Kuva 21), joten lämpötilalla on merkittävä vaikutus prosessin vaatimaan allastilavuuteen. Usein typenpoistoa onkin edellytetty ainoastaan silloin, kun jäteveden lämpötila on yli 12 °C, mikä Rantasen (2003) mukaan on Suomen oloissa enimmillään puolet vuodesta.

Denitrifikaatio edellyttää toimiakseen orgaanisen hiililähteen. Jätevesi sisältää luontaisesti hiiltä, jota denitrifikaatiossa voidaan hyödyntää. Tyypillisesti jäteveden luontaisesti sisältämällä hiilellä saavutetaan kokonaistypen poistuma 50 – 70 %. Jäteveden BHK:N – suhteesta riippuu, joudutaanko lisäksi käyttämään jotakin ulkoista hiilenlähdettä, kuten esimerkiksi metanolia. Teollisuusjätevesillä voi olla vaikutusta typenpoiston kannalta otolliseen tai epäedulliseen BHK:N – suhteeseen.

Typpeä poistuu biologisessa käsittelyprosessissa lietteeseen sitoutumalla noin 20 – 30 %. Kesällä typenpoisto voi olla tätäkin tehokkaampaa tyypillisesti jälkiselkeyttämässä tapahtuvan denitrifikaation vaikutuksesta. Jälkiselkeyttimessä tapahtuva denitrifikaatio ei kuitenkaan ole toivottavaa, sillä se heikentää lietteen laskeutuvuutta ja haittaa jälkiselkeytyksen toimintaa.

Typenpoiston reduktioon vaikuttaa puhdistamon yhteydessä oleva mädättämö, josta tulevien rejektivesien mukana kiertää merkittävä määrä typpeä prosessin alkuun. Tämä sisäinen kierto vaikuttaa kokonaistypenpoistotulokseen merkittävästi ja on otettava huomioon prosessimitoituksessa. Sisäinen typpikuormitus voi heikentää puhdistamon typenpoistotulosta 10 - 15 %.

Taulukkoon 16 on kerätty tulokset samalla periaatteella kun niitä on tarkasteltu luvussa 4. Ensin on esitelty saavutettavat päästötasot laitoksille, joilla ei ole kokonaistypenpoistoon liittyviä lupamääräyksiä ja sen jälkeen laitoksille, joilla on lupamääräys kokonaistypenpoistolle. Tuloksissa ei ole eritelty niitä laitoksia, joilla typenpoistoa on edellytetty ainoastaan kesäaikaan, mutta voidaan olettaa, että vuosikeskiarvona alle 50 %:n tulokseen päässeet laitokset edustavat näitä puhdistamoita. Tulokset puhdistamoista, joissa ei ole kokonaistypenpoistovaatimusta ja siten ei kokonaistypenpoistoprosessia, sijoittuvat suurelta osin tälle alueelle.

Taulukko 16. Saavutettavat kokonaistypen (N_{kok}) päästötasot perustuen tarkasteltujen laitosten vuosittaisen mediaaniarvoihin ja luvussa 4 esitettyyn summakäyrätarkasteluun.

	100 %		75 %		50 %		25 %	
Ei N_{kok} poistovaatimusta	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%
Suuret	60	0	55	13	40	30	35	35
Keskisuuret	65	20	57	26	35	40	32	55
Pienet	55	20	44	29	41	34	26	39
	100 %		75 %		50 %		25 %	
N_{kok} poistovaatimus	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%
Suuret	40	30	18	70	13	76	10	85
Keskisuuret	65	20	22	57	13	66	8,0	75

Typenpoistoa voidaan tehostaa denitrifikaatiosuodattimella. Denitrifikaatiosuodatus toteutetaan omana prosessiyksikkönään ja se edellyttää lisähiilenlähteen käyttöä. Lisäämällä denitrifikaatiosuodatin jälkikäsittely-yksiköksi voidaan päästä 85 - 95 %:n kokonaistypenpoistoon. Parhaat tulokset typenpoiston suhteen on saavutettu niillä puhdistamoilla, joilla on denitrifikaatiosuodatin jälkikäsittely-yksikkönä tai teollisuusjätevesien sisältämä helposti hajoava orgaaninen hiili on pystytty tehokkaasti hyödyntämään typenpoistossa.

Typenpoistotarvetta arvioitaessa arvioidaan purkuvesistön typpiherkkyyttä ja ravinteiden pidättyvyyttä vesistöissä. Kokonaistypenpoistoa vaadittaessa on parhaalla käyttökelpoisella tekniikalla mahdollista saavuttaa kokonaistypipireduktiotaso 50 – 75 %. Alaiset ammoniumtyppipitoisuudet puolestaan saavutetaan, kun nitrifikaatio toimii hyvin ja kaikki ammoniumtyppi muutetaan nitraattimuotoon. Tällöin käsiteltyssä vedessä ammoniumtyppipitoisuus on luokkaa < 4 mg/l.

6.2

Kustannukset suomalaisilla puhdistamoilla

Kulutustietoja tarkasteltaessa havaitaan suuruuden ekonomian vaikutus kustannuksiin: mitä suurempi puhdistamo on, sitä pienemmät ovat suhteelliset kustannukset. Tämä näkyy niin investointi- kuin käyttökustannuksissakin. Erot kustannusten vaihteluihin puhdistamoiden välillä voivat johtua esimerkiksi lietteenkäsittelymenetelmistä, lietteen jatkokäsittelystä, lämmitysratkaisujen ja lämmitettävien tilojen määrästä sekä itse tuotetun ja ostetun energian suhteesta. Keskitetyn jätevedenkäsittelyn rakentamisessa tulee kuitenkin ottaa huomioon myös siirtolinjojen rakennus- ja käyttökustannukset.

Eri kuormitusparametrien poistamisen kustannuksista on alla esitetty asiantuntija-arvioihin perustuvaa tietoa, jotka koskevat suuruusluokaltaan 50 000 avl laitoksia.

6.2.1

Fosforin poiston kustannukset

Fosforinpoiston investointikustannukset muodostuvat lähinnä kemikaalin säilytys- ja syöttölaitteiston, saostusaltan, jälkiselkeytysaltan ja mahdollisen jälkikäsittely-yksikön kustannuksista. Fosforinpoiston käyttökustannukset taas muodostuvat lähinnä kemikaalikustannuksista.

Kuten kuvan 20 kaavioissa on esitetty, kemikaalikustannukset muodostavat tyypillisesti 14 - 17 % puhdistamon käyttökustannuksista. Fosforinpoistoa tehostavan jälkikäsittely-yksikön kustannus on tyypillisesti noin 10 - 15 % puhdistamon kokonaiskustannuksista.

Typenpoiston kustannukset

Typenpoiston investointikustannukset muodostuvat lähinnä ilmastuslaitteiden ja ilmastusjärjestelmän lisäkapasiteetista ja lietteiden kierrätykseen tarvittavasta laitteistosta. Myös jälkiselkeytyskapasiteetti on suurempi.

Typenpoistolaitoksen tai nitrifioivan laitoksen investointikustannukset ovat noin 15 - 30 % suuremmat kuin pelkkää orgaanista ainetta ja fosforia poistettaessa. Typenpoiston käyttökustannuksia aiheuttavat ilmastuksen ja lietteen kierrätyksen energiankulutus, typenpoiston ohjauksen automatiikka, alkalointikemikaali sekä lisähiilenlähde. Nitrifikaatiosta tai kokonaistypenpoistosta aiheutuvat käyttökustannukset ovat noin 20 - 25 % jätevedenpuhdistamon käyttökustannuksista. Mikäli kaikki lisähiili annostellaan metanolina, voi käyttökustannuksista yli 25 % kohdistua typenpoistoon.

Biologisen denitrifikaatiosuodattimen kustannus on tyypillisesti noin 20 - 25 % puhdistamon kokonaiskustannuksista.

Kokonaistypenpoisto on biologisena prosessina haastavampi kuin pelkkä fosforinpoisto, sillä nitrifikaatio ja denitrifikaatio ovat herkkiä olosuhteiden vaihteluille. Nitrifikaation edellyttämän korkean lieteiän ylläpito johtaa joskus ongelmiin lietteen laskeutuvuudessa. Näin ollen typenpoistoprosessin käyttö voi edellyttää enemmän henkilöresursseja kuin pelkän orgaanisen aineksen ja fosforin poisto.

7 Parhaat käyttökelpoiset tekniikat yhdyskuntajäteveden puhdistamoilla (BAT-päätelmät)

Tässä luvussa on esitetty kerättyyn aineistoon perustuvat BAT-päätelmät jaoteltuna eri kokonaisuuksiin. Päätelmien perusteella ei voida suoraan asettaa lupamääräyksiä tai sitovia raja-arvoja. Päätelmien perusteella ei myöskään voida määrätä prosessin kokoonpanoa, sillä paikalliset olosuhteet vaihtelevat. Päätelmissä on tuotu esiin tärkeimmät tekniset ratkaisut, mutta niitä voidaan täydentää muillakin luvussa 5 esitetyillä ratkaisuilla. Lisäksi muutkin kuin tässä dokumentissa esitetyt tekniikat voivat tulla kyseeseen. Päätelmissä esiintyvien varalaitteistojen osalta on muistettava, että laitteiden tulee olla otettavissa käyttöön mahdollisimman nopeasti.

Parhaan käyttökelpoisen tekniikan periaatteita tulee soveltaa tarkoituksenmukaisesti olemassa olevien puhdistamoiden osalta siten, että esimerkiksi puhdistamon lyhyt jäljellä oleva käyttöikä, liittäminen keskuspuhdistamoon ja siirtoviemärin rakentaminen voidaan ottaa huomioon perusteena lievempiin vaatimuksiin, kuin mitä BAT- lausekkeissa on todettu.

Päätelmissä on käytetty samaa kokoluokkajaottelua kuin tarkasteluissa aikaisemminkin: suuret $Q > 10\,000\text{ m}^3/\text{d}$, keskisuuret $1\,000\text{ m}^3/\text{d} < Q < 10\,000\text{ m}^3/\text{d}$ ja pienet $Q < 1\,000\text{ m}^3/\text{d}$.

7.1

Parhaat käyttökelpoiset tekniikat prosessiosittain

7.1.1

Tulopumppaamo ja esikäsittely

Tulopumppaamon tärkein tehtävä on nostaa tuleva jätevesi prosessiin. Esikäsittelyn tulee tehokkaasti poistaa kiintoainesta, jottei siitä aiheudu ongelmaa prosessin myöhemmissä vaiheissa.

Parhaan käyttökelpoisen tekniikan periaatteella toimivan puhdistamon tulopumppaamossa ja esikäsittelyprosessissa:

- Tulopumppaamossa on oltava vähintään yksi toimintakunnossa oleva varapumppu
- Tulopumppaamon sähkönsaanti on turvattu varajärjestelyin suurilla ja keskisuurilla laitoksilla
- Tulevan jäteveden esikäsittelyn tulee sisältää koneellinen välppä tai vastaava mekaaninen laite
- Kaikkien puhdistamoiden tulee varautua vaihtoehtoiseen välppäämiseen toimintakatkosten varalle, suurilla ja keskisuurilla puhdistamoilla tulee olla vähintään kaksi koneellista välppää

- Suurilla ja keskisuurilla laitoksilla on hiekanerotus ja niillä on varauduttu pintalietteen poistoon
- Välppäys tulee sijoittaa sisätiloihin kunnossapidon helpottamiseksi ja hajuhaittojen hallitsemiseksi. Hiekanerotus tulee toteuttaa siten, että hajuhaittojen hallintaan kiinnitetään erityistä huomiota.

7.1.2

Biologis-kemiallinen osa

Biologis-kemiallisessa osassa tulee olla edellytykset tehokkaalle orgaanisen aineksen ja ravinteiden poistolle. Vaikka fosforin biologinen poisto on mahdollista, käytännössä saostuskemikaalin lisäys jossain puhdistusprosessin vaiheessa on välttämätöntä.

Parhaan käyttökelpoisen tekniikan periaatteella toimivan puhdistamon biologis-kemiallisessa osassa:

- Prosessiin kuuluu biologinen osa, joka voi olla aktiivilieteprosessi modifikaatioineen, biosuodin, bioroottori tai biologinen suodatin
- Toteutettaessa prosessia, joka poistaa ravinteita biologisesti, tulee huolehtia tarvittavista lohkojärjestelyistä.
- Happipitoisuus on pyrittävä pitämään automaattiohjauksella optimialueella, jolloin happitaso on riittävä, mutta ei energiankulutuksen kannalta tarpeettoman korkea
- Ilmastuksen käyttövalmiita kompressoreita tulee olla varalla vähintään yksi kappale
- Biologisen osan tulee olla vähintään kaksilinjainen suurilla ja keskisuurilla laitoksilla
- Fosforin saostuskemikaalin annostuksen tulee tapahtua oikeassa pisteessä ja annosteltavan määrän on oltava optimoitu, jolloin kemikaalia on riittävästi, mutta ei liikaa
- Palautus- ja kierrätyslietteen pumppaamiseen on oltava varapumppu, joka voi olla yhteinen toisen linjan kanssa.

7.1.3

Jälkikäsittely

Puhdistamolla voi olla jälkikäsittely, jonka tarkoituksena on viimeistellä puhdistustulos. Jälkikäsittelyn tehostamiseksi prosessiin lisätään usein kemikaaleja. Jälkikäsittelyn tavoitteena on tavallisesti jäteveteen jääneiden ravinnejäämien poiston tai lähtevän veden hygieenisten ominaisuuksien parantaminen.

Parhaan käyttökelpoisen tekniikan periaatteiden mukaan jälkikäsittelyssä:

- Fosforin ja kiintoaineen poiston parantamiseen soveltuvat hiekkasuodatus, flotaatio ja laskeutusselkeytin
- Typenpoiston tehostamiseen soveltuvat denitrifioiva biologinen suodatin tai anoksiset bioroottorit
- Hygieniatason parantamiseen soveltuvat fysikaaliset ja kemialliset ratkaisut. Fysikaalisena ratkaisuna tulevat kyseeseen UV-käsittely tarvittaessa sitä edeltävällä suodatuksella täydennettynä tai erilaiset kalvosuodatustekniikat. Kemiallisessa hygienisoinnissa tulee välttää sellaisten kemikaalien käyttöä, jotka muodostavat myrkyllisiä yhdisteitä.

Lietteenkäsittely

Lietteenkäsittelyssä pyritään kasvattamaan prosessista poistettavien lietejakeiden kuiva-ainepitoisuutta. Tässä tarkastelussa ei ole otettu huomioon puhdistamon ulkopuolista lietteen jatkokäsittelyä, jolle on kuitenkin syytä olla varasuunnitelma. Tässä dokumentissa ei myöskään oteta kantaa puhdistamotontilla tapahtuvaan lietteen jatkokäsittelyyn, kuten aumakompostointiin.

Parhaan käyttökelpoisen tekniikan periaatteella toimivan puhdistamon lietteenkäsittelyprosessissa:

- Laitoksilla tulee olla sakeuttamo tai vastaava laitteisto
- Sakeutukseen tarkoitettuja altaita tai laitteistoja tulee olla vähintään kaksi suurilla ja keskisuurilla laitoksilla.
- Lietteen mekaaninen kuivauslaitteisto on vähintään kaksilinjainen suurilla ja keskisuurilla laitoksilla.
- Varastotilavuuden ja kuivauskapasiteetin yhdistelmällä tulee varmistaa riittävä toimintataso viikonloppuja ja juhlapyyhiä varten.
- Kuivauskapasiteetin riittävyyden tulee pääasiassa perustua mekaanisten kuivauslaitteistojen määrään, ei suureen varastotilavuuteen
- Vaihtoehtona mekaaniselle kuivaukselle on lietteen kuljettaminen muualle käsiteltäväksi
- Lietteen käsittely sijoitetaan sisätiloihin kunnossapidon helpottamiseksi ja hajuhaittojen hallitsemiseksi. Sakeuttamo voidaan toteuttaa myös katettuna.

Puhdistamon suunnittelu

Puhdistusprosessit tulee suunnitella siten, että niiden avulla saavutetaan riittävät puhdistustasot koko puhdistamon elinkaaren aikana ottaen huomioon myös poikkeustilanteet, kuten allashuollot ja suuret tulovirtaamat. Mitoitusperiaatteet tulee osoittaa lupahakemuksessa.

Parhaan käyttökelpoisen tekniikan periaatteella suunnitellussa ja mitoitetussa puhdistamossa:

- Prosessin tulee olla vähintään kaksilinjainen suurilla ja keskisuurilla laitoksilla, ellei toimintavarmuutta voida muuten selkeästi osoittaa
- Puhdistamon biologisen osan linjoilla on ristiinajomahdollisuus
- Erilliset prosessiyksiköt voi ohittaa huoltotilanteissa
- Puhdistamon tärkeiden toimintojen, kuten ilmastuksen ja tulopumppaamon sähkönsaanti on turvattu esim. omalla tai siirrettävällä varavoimalähteellä tai sähköön syötöllä useammasta suunnasta suurilla ja keskisuurilla laitoksilla
- Tärkeimpiä biologisten prosessien optimoitavia tekijöitä ovat aktiivilieteprosessin tilakuorma, ja selkeytyksen pintakuorma sekä kantoaineprosessien pintakuorma
- Aktiivilieteprosessin lieteikää voidaan hallita tarkasti ylijäämälietteen poistojärjestelyillä
- Hallittu aktiivilieteprosessin sisäinen kierrätys ja palautuslietekierto mahdollistavat vaatimustenmukaisen typenpoiston
- Aktiivilieteprosessin ilmastusaltan happipitoisuus ja ilmastusprofiili sekä viipymä ovat riittäviä.

- Biologinen osa tulee mitoittaa siten, että sitä tarvitsee ohittaa vain lyhytaikaisissa ylivirtaamatilanteissa.
- Hygienisoinnin ja jälkikäsittelyn mahdollinen tarve tulevaisuudessa on otettava huomioon tilavarauksella ja tarkoituksen mukaisella yksikköprosessin valinnalla kiintoainekuormitus huomioiden.
- Ohitusvesien erilliskäsittely- ja hygienisointitarvetta tarkastellaan tapauskohtaisesti.
- Kemikaalien tehokas sekoittuminen on varmistettu
- Saostuskemikaalin syöttö tapahtuu suhteessa virtaamaan tai tulokuormaan. Rinnakkaissaostuksessa saostuskemikaali voidaan kuitenkin syöttää tasaisesti
- Biologiseen osaan menevää kuormaa voidaan tarvittaessa pienentää kemiallisella esisaostuksella
- Automaatiovikojen aiheuttamissa poikkeustilanteissa puhdistamoa on pystytävä ajamaan käsikäytöllä mahdollisuuksien mukaan siten, että puhdistustulos ei heikkene.
- Käytettävyyks on otettu huomioon jo suunnitteluvaiheessa.

7.3

Käyttö ja ylläpito

Puhdistustulokseen vaikuttavat merkittävästi prosessin suunnittelun ja valittujen tekniikoiden lisäksi puhdistamon ajotapa ja ylläpito. Koneiden ja laitteiden kunto ja käytettävyyks riippuvat käyttöhenkilökunnan tavasta huoltaa ja käyttää niitä. Jätevedenpuhdistamon hyvä tulos vaatii teknisten valmiuksien lisäksi ammattitaitoista henkilökuntaa ja ennakoivaa prosessin ajoa. Järjestelmällinen ennakko- ja huolto takaa yllätyksien tilanteiden vähyyden ja puhdistamon toimintavarmuuden. Päästöjen ja puhdistustuloksen arviointiin tulee laitoksella olla käyttö- ja päästötarkkailusuunnitelma, jonka toteuttamisesta Ympäristöhallinto on laatinut ohjeen: ”Yhdyskuntajätevesien puhdistuslaitosten päästöjen seuranta ja raportointi – hyvien menettelytapojen kuvaus”.

Parhaan käyttökelpoisen tekniikan periaatteella käytettävällä puhdistamolla

- Laitokselle on laadittu kunnossapito-ohjelma, riskiarvio ja kriittisten varaosien analyysi.
- Laitoksella on kirjallinen prosessin ajo-ohje normaali- ja yleisimpiä häiriötilanteita varten
- Tulevan veden laatua ja sen vaihteluita seurataan.
- Puhdistamolle vastaanotettavien ulkoisten jakeiden, kuten sako- ja umpikaivolietteen, teollisuusjätevesien ja ulkopuolisen mädättämön reaktiivisten vastaanotto tapahtuu tiedostaen niiden aiheuttama lisäkuormitus ja lisäkuormituksen suhde puhdistamon mitoitukskuormitukseen sekä puhdistusvaatimukseen.
- Prosessissa käytettävien pääkemikaalien riittävyys varmistetaan riittävällä varastolla ja sen tilanteen jatkuvalla seurannalla.
- Prosessin ohjauksessa käytettävät mittalaitteet huolletaan ja kalibroidaan säännöllisesti.
- Allashuollot ja muut etukäteen suunnitellut huoltotoimenpiteet tehdään suunnitelmallisesti, virtaamavaihtelut huomioiden ja mahdollisimman nopeasti, jotta puhdistustuloksen heikkenemisen riski saadaan minimoitua.
- Hankinnoissa otetaan huomioon energia- ja materiaalitehokkuus
- Energiankulutusta mitataan suurilla laitoksilla siten, että pystytään erittelemään eri prosessiosissa käytettävän sähkön määrä.

- Prosessia ajetaan energia- ja materiaalitehokkaasti.

Automaatio parhaan käyttökelpoisen tekniikan periaatteella ajettavalla puhdistamolla:

- Laitosta on mahdollista ajaa automaation avulla ilman miehitystä
- Prosessilaitteiden häiriöistä on välityttävä riittävät hälytykset päivystäjälle
- Automaatiojärjestelmien tulee kriittisiltä osiltaan olla kahdennetut ainakin suuremmilla laitoksilla ja niiden toimivuus on varmistettava vikavirtasuojauksin ja varavoimanlähteellä
- Prosessiohjauksen kannalta kriittiset mittaukset eriytetään riittävän monelle vahvistinyksikölle
- Prosessiautomaatio tulee varustaa UPS-laitteilla
- Prosessin ohjaukseen käytettävien ICT-laitteiden toiminta tulee varmistaa tarvittavilla varalaitteilla
- Ohituksista tulee olla automaattiset hälytykset.

Käyttö- ja päästötarkkailu parhaan käyttökelpoisen tekniikan periaatteella ajettavalla puhdistamolla:

- Tulevan veden näytteenoton piste on valittava siten, että siitä otetusta näytteestä näkyvät kaikki puhdistamolle tulevat kuormitusjakeet, mutta ei laitoksen sisäistä kiertoa.
- Näytteenottoon valituista pisteistä on kokoomanäytteenottimella saatava edustavat näytteet
- Tarkkailusta tehtävät havainnot tulee kirjata käyttöpäiväkirjaan.
- Puhdistamolla tai verkostossa tapahtuvien ohitusten määrä on mitattava tai pystyttävä arvioimaan muulla luotettavalla tavalla esimerkiksi pumppujen käyttötiedoista.
- Kaikki ohitukset tulee laskea mukaan koko laitoksen ympäristökuormitukseen.

Hyviä käytäntöjä parhaan käyttökelpoisen tekniikan periaatteella ajettavalla puhdistamolla:

- Puhdistamohenkilökunnan tulee olla asiantuntevaa ja työntekijöiden määrä riittävä puhdistamon ajamiseen.
- Osaamisen tasoa tulee pitää yllä tarjoamalla riittävästi ja riittävän monipuolisia koulutusmahdollisuuksia.
- Verkoston piirissä olevien poikkeavaa jätevettä tuottavien merkittävien laitosten aiheuttamaa haittaa hallitaan yhteistyöllä teollisuuslaitosten kanssa ja tekemällä teollisuusjätevesisopimus, joka tarvittaessa edellyttää jäteveden esikäsittelyä laadun ja kuormituksen saamiseksi kestäväälle tasolle ennen viemäriverkostoon päästämistä.
- Viestinnällä parannetaan viemäriverkoston käyttäjien tietoisuutta viemärilaitoksen mahdollisuuksista ja rajoituksista, esim. jotta haitallisten aineiden pääsy viemäriin estetään.
- Silloin kun viemärilaitoksesta johdetaan jätevesiä toisen viemärilaitoksen alueelle, sovitaan poikkeavien jätevesien tarkkailusta.
- Mahdollisuuksien mukaan pyritään vähentämään energiankulutusta sekä käytetään itse tuotettua energiaa.

Päästöt

Jätevesien puhdistuksen aiheuttamat merkittävimmät päästöt aiheutuvat puhdistettujen jätevesien laskemisesta vastaanottaviin vesistöihin (Tenhunen ym. 2000). Kokonaispäästöjen määrää voidaan vähentää resurssien tehokkaalla käytöllä, jolloin esimerkiksi kemikaalien- tai sähköntuotannossa syntyvien päästöjen määrä minimoituu.

7.4.1

Päästöt vesiin

Vesistöjen erilaisista luonteista johtuen on jokaisen päästölähteen aiheuttamat haitat määritettävä erikseen. Tällöin tulee ottaa huomioon muun muassa vesistön muu kuormitus, happitilanne ja minimiravinne sekä ravinteiden pidättyvyys vesistöön ja etäisyys merestä. Päästöraja-arvot määritellään voimassa olevan lainsäädännön ja suositusten mukaisesti. Parhaalla käyttökelpoisella tekniikalla saavutettavia päästötasoja on tarkasteltu luvussa 6.

7.4.2

Päästöt ilmaan

Merkittävimmät ilmaan kohdistuvat päästöt ovat hajuhaittoja, jotka aiheutuvat esimerkiksi käsittelystä ja lietteenkäsittelystä. Suunnittelussa tämä tulisi huomioon ottaa esimerkiksi sijoittamalla hajuhaittoja aiheuttavat toiminnot sisätiloihin tai kattamalla ne. Tarvittaessa ilmamassat tai osa niistä käsitellään hajunpoistoyksikössä tai johdetaan ilmanpoistopiipun kautta sellaiseen korkeuteen, jossa ilman sekoittuminen on riittävää. Välillisiin, erityisesti energiantuotantoon liittyviin ilmapäästöihin puhdistamalla voidaan vaikuttaa kiinnittämällä huomiota energian käytön vähentämiseen siten, ettei puhdistustulos kuitenkaan huonone. Muiden ilmapäästöjen määrästä ja vähentämisestä on niukasti tietoa, mutta viimeaikaiset tutkimukset osoittavat, että puhdistamon typpioksiduulipäästöt voivat olla merkittäviä. Asiaa tulee kuitenkin tutkia lisää ennen kuin se voidaan ottaa huomioon suunnittelussa ja laitoksen ohjauksessa.

7.4.3

Päästöt maaperään

Puhdistamoilta ei aiheudu suoria päästöjä maaperään, mutta välillisesti niitä aiheutuu jätevirtojen loppusijoituksessa. Jätteen määrään voidaan vaikuttaa poistamalla ylimääräinen vesi jätevirroista, sillä kuiva-aineen määrän vähentäminen ei ole mahdollista ilman, että puhdistamon toiminta ja puhdistustulos kärsisi. Lietteen hyödyntämistä ja muiden jätteiden käsittelyä ohjataan lainsäädännöllä. Puhdistamolla käytettävien kemikaalien varastoinnissa ja käsittelyssä tulee noudattaa niille säädettyjä määräyksiä ja ohjeita siten, että niiden maaperään pääsyn riski minimoituu.

8 Uudet tekniikat

Tässä luvussa tarkastellaan jätevesien puhdistustekniikoita, joista on olemassa täyden mittakaavan sovelluksia, mutta jotka eivät ole vielä laajasti käytössä Suomessa. Näiden tekniikoiden uskotaan yleistyvän tulevaisuudessa niiden kehityksen sekä lainsäädännön ja puhdistusvaatimusten muuttumisen myötä. Tässä luvussa esitetty listaus ei ole tyhjentävä - uusia tekniikoita tuodaan markkinoille ja otetaan käyttöön jatkuvasti.

Ennen kehittyneiden jätevesienkäsittelytekniikoiden soveltamista laajasti ja laitosmittakaavassa tarvitaan lisää suuren mittakaavan tutkimuksia, mallinnusta ja kokemuksia sekä eri tekniikoiden kustannustehokkuuden, puhdistustehon ja taloudellisuuden vertailua. Osasta tekniikoita, esimerkiksi membraanibioreaktoreista on jo useita sovelluksia ja käytännön kokemuksia. Riittävällä taustatutkimuksella uudet tekniikat ovat otettavissa laajempaan käyttöön ja voivat edustaa parasta käyttökel-poista tekniikkaa, mikäli niillä osoitetaan saavutettavan vaatimukset.

8.1

Fosforin poiston tehostaminen

8.1.1

Kalvotekniikat

Kalvotekniikoilla vettä suodatetaan läpäisevän kalvon läpi, jolloin saadaan erotettua epäpuhtauksia kalvon läpäisykanavien koon mukaan. Kalvotekniikoita on käytetty talousveden valmistuksessa sekä teollisuudessa ultrapuhdasta veden tuottamiseen. Jätevedenpuhdistuksessa kalvotekniikoiden ongelmana on ollut kalvojen tukkeentuminen. Jälkikäsittelynä, etenkin jos käsitelty jätevesi kierrätetään uudelleen käyttöön, kalvosuodatusta on kuitenkin jo käytetty.

Mikro- ja ultrasuodatuksessa kalvo on huokoinen ja toimii normaalin suodatinväliaineen tavoin, eli suodatettavat hiukkaset tai molekyylit ovat liian suuria mah-tuakseen läpi kalvon huokosista. Mikrosuodatuksessa suodatettavan hiukkasen koko on 0,1 - 2 µm ja ultrasuodatuksessa 0,005 - 0,2 µm. Paine-ero kalvon yli on 1 - 5 bar.

Lupaava kalvotekniikan sovellus on kalvotekniikalla varustettu bioreaktori MBR (Membrane bioreactor), joka on perinteisen aktiivilieteprosessin ja kalvotekniikan yhdistelmä. Tätä tekniikkaa käytetään useilla laitoksilla Euroopassa, mutta Suomessa se ei ole vielä laajassa käytössä.

Kalvotekniikoilla voidaan parantaa myös veden hygieenistä laatua.

Kiekkosuodatin

Joissakin tapauksissa kiintoaineen karkaaminen puhdistetun jäteveden mukana on ongelmana. Kustannustehokas menetelmä tähän on kiekkosuodatus, jossa suodattimet sijaitsevat kiekolla, josta osa on vedenpinnan alapuolella. Vesi kulkee keskirumpuun, josta vesi jakautuu suodatinkalvojen väliin ja poistuu suodattimien läpi altaaseen. Poistettava kiintoaine jää suodattimen kalvon pinnalle, kun vesi virtaa suodatinkalvon läpi.

Typenpoiston erikoisprosessit

Perinteisen nitrifikaatio-denitrifikaatioperiaatteella toimivan typenpoiston rinnalle on kehitetty anaerobisia anammox -bakteereita hyödyntävä deammonifikaatioon perustuva prosessi. Sen toteutuksen optimiolosuhteet ovat korkea ammoniumtypipitoisuus, alhainen orgaanisen aineen määrä sekä yli 25 °C lämpötila. Jätevedenpuhdistamolla kyseiset olosuhteet täyttyvät tyypillisesti lietteen mekaanisen erotusveden eli rejektin osalta ja deammonifikaation laitosmittakaavaiset sovellukset ovatkin keskittyneet juuri rejektiveden käsittelyyn. Anammox-bakteeri jakaantuu hitaasti ja sen vuoksi kyseeseen tulee lähes aina kaupallisten tuotemerkkien alla myytävät sovellukset, missä aktiivinen siemenliete siirretään puhdistamolle toiselta puhdistamolta tai kasvatuslaitoksesta. Deammonifikaatioon perustuvaa teknologiaa testataan parhaillaan myös varsinaisen jätevedenpuhdistusprosessin osalta. Tältä osin tuotekehitystyö on vielä kesken.

Rejektiveden typenpoistossa on mahdollista soveltaa myös fysikaalis-kemiallisia menetelmiä kuten strippaus ja haihdutus. Rejektiveden typenpoistossa on kaikissa edellä mainituissa tapauksissa kiinnitettävä kuitenkin erityistä huomiota kiintoainepitoisuuteen ja rejektin mahdolliseen käsittelyyn suodattamalla tai laskeuttamalla.

Biologisten prosessien tehostaminen

MBBR (Moving Bed Bio Reactor) prosessi on biologinen kantoaineprosessi, jossa mikrobien muodostavat biofilmin tähän tarkoitukseen suunniteltujen täytekappaleiden pinnalle. Bioreaktorissa täytekappaleet ovat upotettuina veteen ja niiden rakenne mahdollistaa sen, että biofilmille saadaan mahdollisimman laaja kasvupinta-ala. Koska täytekappaleet ovat liikkeessä, uusiutuu biofilmi jatkuvasti vanhan biomassan irrotessa kantoaineen pinnalta.

MBBR teknologiaa sovelletaan etenkin kohteissa, missä puhdistamon käytettävissä oleva tila on rajallinen. MBBR reaktorit ovat yleensä pienempiä suhteessa aktiivilietereaktoreihin täytekappaleiden tarjoaman kasvupinta-alan vuoksi. Olemassa olevissa aktiivilietelaitoksissa voidaan käyttää erillistä kantoainevaihetta, jossa nitrifikaatiobakteerien määrää kasvatetaan ammoniumtypelle asetettujen lupamääräysten saavuttamiseksi. Jälkikäsittelyvaiheena oleva erillinen MBBR -prosessi tehostaa perinteistä biologista aktiivilieteprosessia.

MBBR:n avulla voidaan myös tasata puhdistamon kuormitusta leikkaamalla esimerkiksi teollisuusvesien kuormitusta ennen perinteistä aktiivilietelaitosta. Lietteenkäsittelystä tulevan rejektiveden erilliskäsittelyssä puolestaan hyödynnetään täytekappaleiden pinnalle kiinnittyneitä anammox-bakteereita.

Haitallisten aineiden poisto

Haitallisten ja vaarallisten aineiden, kuten raskasmetallien ja orgaanisten haitta-aineiden poistoon on viime aikoina alettu kiinnittää huomiota lisääntyvissä määrin. Perinteinen jätevedenpuhdistusprosessi ei ole suunniteltu näiden aineiden tehokkaaseen poistamiseen, joten niiden ympäristöön kulkeutumisen estämiseksi tulee etsiä uusia tekniikoita ja hankkia suunnitelmallisesti tietoa niiden käytöstä ja soveltuvuudesta Suomen olosuhteisiin. Seuraavaksi esitellään muutama vaihtoehto ongelman ratkaisemiseksi. Menetelmiä on testattu vähintään laboratoriomittakaavassa.

Kalvotekniikkaan perustuva MBR (Membrane Bioreactor) soveltuu myös haitallisten aineiden poistoa tehostamaan. Sillä on mahdollista erottaa hiukkasia tehokkaammin kuin selkeytysaltaassa, joten haitallisten aineiden erotuskyky on MBR:llä parempi kuin tavallisella aktiivilietelaitoksella. Kovin tarkkaa tutkimustietoa asiasta ei vielä ole yleisesti saatavissa.

Adsorptioon perustuvissa menetelmissä poistettavat aineet siirtyvät nesteestä kiinni kiinteään aineeseen. Adsorbenttina on käytetty ainakin aktiivihieletä ja polymeerejä ja menetelminä voivat olla joko suodatus tai adsorbentin lisääminen prosessiin. Jäteveden puhdistuksessa adsorptioon perustuvia menetelmiä ei ole paljoa käytetty, mutta ne tulevat kyseeseen haitallisten aineiden poistoa tehostavana jälkikäsittelymenetelmänä.

AOP (Advanced Oxidation Process) prosessissa hapetetaan hydroksyyli-ioneilla orgaanisia ja epäorgaanisia epäpuhtauksia. Tarkoituksena on muuttaa myrkylliset ja biohajoamattomat yhdisteet myrkyttömiksi ja biohajoaviksi. Kokeiltuja menetelmiä ovat Fenton -prosessi, otsonointi sekä otsonointi tehostettuna UV-käsittelyllä. Menetelmän haittapuolena on, että haitalliset aineet eivät poistu jätevedestä vaan voi muodostua myrkyllisiä hajoamistuotteita, jotka pitäisi poistaa esimerkiksi hiekkasuodatuksella.

Muita tulevaisuudessa mahdollisesti käytettäviä menetelmiä ovat ioninvaihto, jossa väliaineina käytetään mm. polymeerejä ja zeoliittia ja sähköön perustuvat menetelmät, kuten sähkökoagulointi ja sähköinen hapetus, joita on vedenpuhdistuksessa kehitetty pitkään.

9 Johtopäätökset ja suositukset

Tämän raportin tarkoituksena on antaa suunnittelijoille, luvan hakijoille ja lupaviranomaisille tukea yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoiden suunnittelussa, rakentamisessa ja saneerauksessa. Hyvä lopputulos – tasaisesti hyvälaatuinen puhdistettu jätevesi, joka ei pilaa vastaanottavaa vesistöä – saavutetaan parhaan käyttökelpoisen tekniikan, puhdistamon asiantuntevan ja huolellisen ajotavan, huollon ja ylläpidon yhdistelmällä.

Tässä työssä arvioitiin suomalaisten yhdyskuntajätevedenpuhdistamoiden toimintaa ajatellen parasta käyttökelpoista tekniikkaa eri tilanteissa. Puhdistamot vaihtelevat kooltaan, tulevan jäteveden laadultaan sekä vastaanottavan vesistön ominaispiirteiltään. Suomalaisten puhdistamoiden toimintaperiaate on kuitenkin pääosin hyvin samanlainen ja perustuu biologis-kemialliseen pääprosessiin. Tässä työssä onkin keskitytty tarkastelemaan käytössä olevia hyviksi havaittuja tekniikoita ja toimintatapoja, joilla vesistöjen kannalta hyväksyttäviin lopputuloksiin päästään. Työn varsinaisena lopputuloksena ovat luvussa kuusi esitetyt BAT-päätelmät ja käsitellyn aineiston perusteella esitetty päästöjen vaihtelualue.

Selvityksessä kerätystä aineistosta tehtyjä analyyseja tarkasteltiin työryhmässä ja niiden sekä asiantuntijoiden näkemysten ja kokemusten perusteella muokattiin varsinaiset BAT-päätelmät. Päätelmät on tehty ennen kaikkea helpottamaan ja ohjaamaan suunnittelijoiden, ympäristöluvan hakijoiden ja lupaviranomaisten työtä. Raportissa on kattava katsaus suomalaiseen yhdyskuntajätevesien käsittelyyn sekä näkemyksiä parhaan käyttökelpoisen tekniikan soveltamiseen.

Ympäristöä koskeva tieto lisääntyy ja tarkentuu jatkuvasti samalla kun jätevesien käsittelytekniikat kehittyvät. Muutosten seurauksena säännökset ja myös ympäristölupien lupamääräykset tarkentuvat. Siksi myös tämän selvityksen sisältö on tarpeen pitää ajan tasalla vastaamaan muuttuneita olosuhteita. Raportti tulisikin päivittää vähintään viiden vuoden välein eli viimeistään vuoden 2018 loppuun mennessä vastaamaan muuttuneita olosuhteita.

Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoiden toimivuuteen vaikuttavat viemäroidyn jäteveden määrä ja laatu sekä viemäriverkoston kunto. Ympäristönsuojelulaissa ja sen perusteella annetussa yhdyskuntajätevesiasetuksessa on säädetty, että jätevesiviemärien suunnittelussa, rakentamisessa ja ylläpidossa on otettava huomioon jäteveden käsittelyvaatimukset sekä käytettävä parasta käyttökelpoista tekniikkaa. Ympäristöluvassa viemäriverkostoon kohdistuvat lupamääräykset on koettu ongelmalliseksi erityisesti silloin kun ympäristöluvan hakijana ei ole viemäriverkoston omistaja. Siksi vastaisuudessa on tarpeen selvittää tulisiko viemäriverkostoille valmistella oma BAT-selvitys.

Jäteveden ympäristölle vaarallisiin ja haitallisiin aineisiin sekä hygieenisiin riskeihin kohdistetaan lähivuosina kasvavaa huomiota. Soveltavaa jätevesitutkimusta suositellaan kohdennettavaksi tulevana vuosina erityisesti jätevesien hygienisointimenetelmien ja haitallisten aineiden poistotekniikoiden kehittämiseen, testaamiseen ja käyttökokemusten keräämiseen.

KIRJALLISUUTTA

- Huttunen, M., Vehviläinen, B. & Huttunen, I. 2013. Typen, fosforin ja kiintoaineksen pidentyminen vesistöissä – WSFS- Vemala-mallin arvio. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 5/2013. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.
- Karvonen, A., Taina, T., Gustafsson, J., Mannio, J., Mehtonen, J., Nystén, T., Ruoppa, M., Sainio, P., Siimes, K., Silvo, K., Tuominen, S., Verta, M., Vuori, K.-M. & Äystö, L. 2012. Vesiympäristölle vaarallista ja haitallisista aineista annettujen säädösten soveltaminen – Kuvaus hyvistä menettelytavoista. Ympäristöministeriön raportteja 15/2012. Ympäristöministeriö. Helsinki.
- Pietiläinen O-P, Antikainen, R., Holmberg, M., Kauppila, J., Kauppila, P., Ketola, T., Korpinen, P., Lepistö, A., Lepistö L., Pitkänen, H., Rantanen, P., Rekolainen, S., Räike, A., Santala, E., Similä, J., Tamminen, T. & Vuorenmaa, J. 2008. Yhdyskuntien typpikuormitus ja pintavesien tila. Suomen ympäristö 46/2008. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.
- Rantanen, P., Valve, M. & Etelämäki, L. 2003. Jätevesien lämpötilat Suomessa. Vesitalous. Vol. 4/2003 s.17 - 22.
- Tamminen, T. & Andersen, T. 2007. Seasonal phytoplankton nutrient limitation patterns as revealed by bioassays over Baltic Sea gradients of salinity and eutrophication. Marine Ecology Progress Series. Vol. 340 s.121 - 138.
- Tenhunen J., Oinonen J. & Seppälä J. 2000. Vesihuollon elinkaaritutkimus, Tampereen vesilaitoksen vaikutukset ympäristöön. Suomen ympäristö 434. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.
- Tukiainen, T. 2009. Vesihuoltolaitosten kasviuonekaasupäästöt Suomessa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu.
- Vesilaitosyhdistys 2011. Teollisuusjätevesiöpas. Asumavesistä poikkeavien jätevesien johtaminen viemäriin. Vesilaitosyhdistyksen julkaisusarja nro 50.
- Vesilaitosyhdistys 2013. Vesihuoltolaitosten tunnuslukujärjestelmän raportti 2011. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 32.
- Vienonen, S., Rintala, J., Orvoma M., Santala, E. & Maunula M. 2012. Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumistarpeet vesihuollossa. Suomen ympäristö 24/2012. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.
- Vuori K.-M., Mitikka S. & Vuoristo H. 2009. Pintavesien ekologisen tilan luokittelu. Osa I: Vertailuolot ja luokan määrittäminen. Osa II: Ihmistoiminnan ympäristövaikutusten arviointi. Ympäristöhallinnon ohjeita 3/2009. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.
- Ympäristöministeriö 2007. Vesienhoidon suuntaviivat vuoteen 2015. Valtioneuvoston periaatepäätös. Suomen ympäristö 10/2007. Ympäristöministeriö. Helsinki.

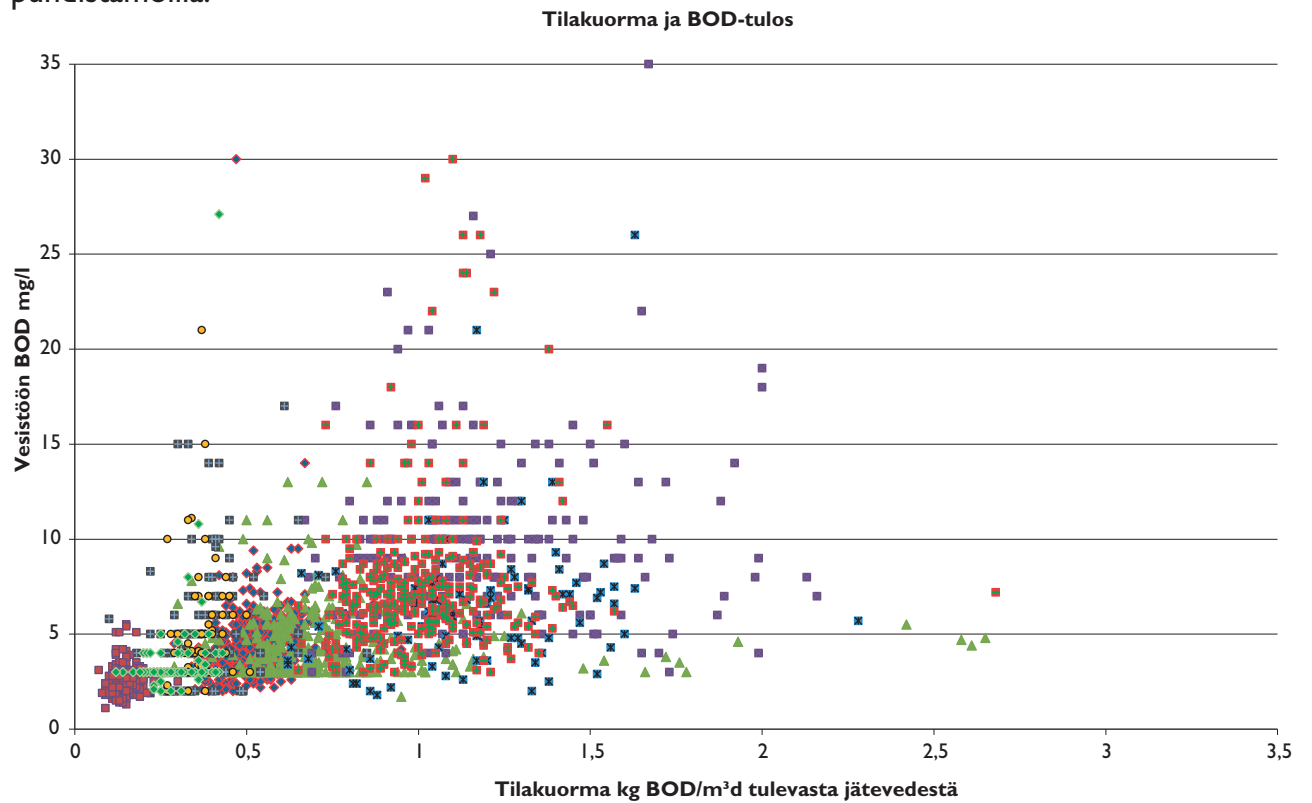
SANASTO

Aerobinen	Tila, jossa on happea molekylaarisessa (O ₂) muodossa.
Alkaliteetti	Veden puskurikapasiteetti eli kyky vastustaa pH:n laskua
Anaerobinen	Hapeton tila
Anoksinen	Tila, jossa happea ei ole molekylaarisessa (O ₂) muodossa. Happi on sitoutuneena nitraatti-ioneihin (NO ₃ ⁻).
Biokaasu	Biokaasulaitoksessa orgaanisen aineen anaerobisessa käsittelyssä (mädätys) muodostuva kaasu, jonka pääkomponentit ovat metaani ja hiilidioksidi.
Biologinen suodatin	Prosessiyksikkö, jossa kantoainetta on pakattu reaktorin sisälle ja johon vesi syötetään ylä- tai alakautta
Bioroottori	Prosessiyksikkö, jossa biofilmi kiinnittyy kantoaineena toimivien pyörivien kiekkojen tai kennojen pinnalle.
Biosuodin	Kantoainekappaleilla väljästi täytetty biologinen prosessiyksikkö (trickling filter), jossa puhdistettava vesi sadetetaan kantoaineen päälle.
Denitrifikaatio	Nitraatin pelkistyminen typpikaasuksi anoksisissa olosuhteissa
Endogeenihengitys	Biologinen aerobisissa oloissa tapahtuva prosessi, jossa mikrobit käyttävät kasvunsa energianlähteenä omaa solumassansa.
Erillisviemärinti	Viemärintijärjestelmä, jossa jätevesi johdetaan omassa viemäriputkessaan ja hulevesiä sekä perustusten kuivatusvesiä ei johdeta jätevesiviemäriin
Flokki	Partikkeli, joka syntyy kiintoainehiukkasten ja kolloidien yhteenliittymisessä
Hajakuormitus	Haja-asutusalueilta sekä maa- ja metsätaloudesta peräisin oleva kuormitus.
Hulevesi	Maan pinnalta, rakennuksen katolta tai muilta vastaavilta pinnoilta pois johdettavaa sade- tai sulamisvettä (Vesihuoltolaki 119/2001)
Hydrolyysi	Kemiallinen reaktio, jossa yhdiste hajoaa veden läsnä ollessa lähtöaineikseen.
Hygienisointi	Jäteveden ja lietteen patogeeneiden määrän vähentämiseksi suoritettava toimenpide
Häiriötilanne	Tilanne, jolloin toiminta poikkeaa tavanomaisesta normaalista toiminnasta
Jälkikäsittely	Katso tertiärikäsittely
Jätevesi	Sellaista käytöstä poistettua vettä, pilaantuneelta alueelta johdettavaa vettä tai ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaan toimintaan käytetyltä alueelta johdettavaa vettä, josta voi aiheutua ympäristön pilaantumista. (Ympäristönsuojelulaki 2011/588)
Kriittisten varaosien analyysi	Arvio käytössä olevien laitteiden osien merkittävydestä ongelmaja poikkeustilanteessa
Kunnossapito	Kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana (SFS-EN 13306 2001)
Kunnossapito-ohjelma	Kunnossapidon työkalu, jossa on esitetty mm. kunnossapidon tarkastus-, testaus- ja huoltotoimenpiteet, huoltoväli (käyntiaikaan tai kalenteriin perustuva), tarvittavat materiaalit, työohjeet.
Käyttötarkkailu	Päivittäinen laitoksen puhdistusprosessien ja toiminnan valvonta ja sen perusteella tehty prosessinohjaus

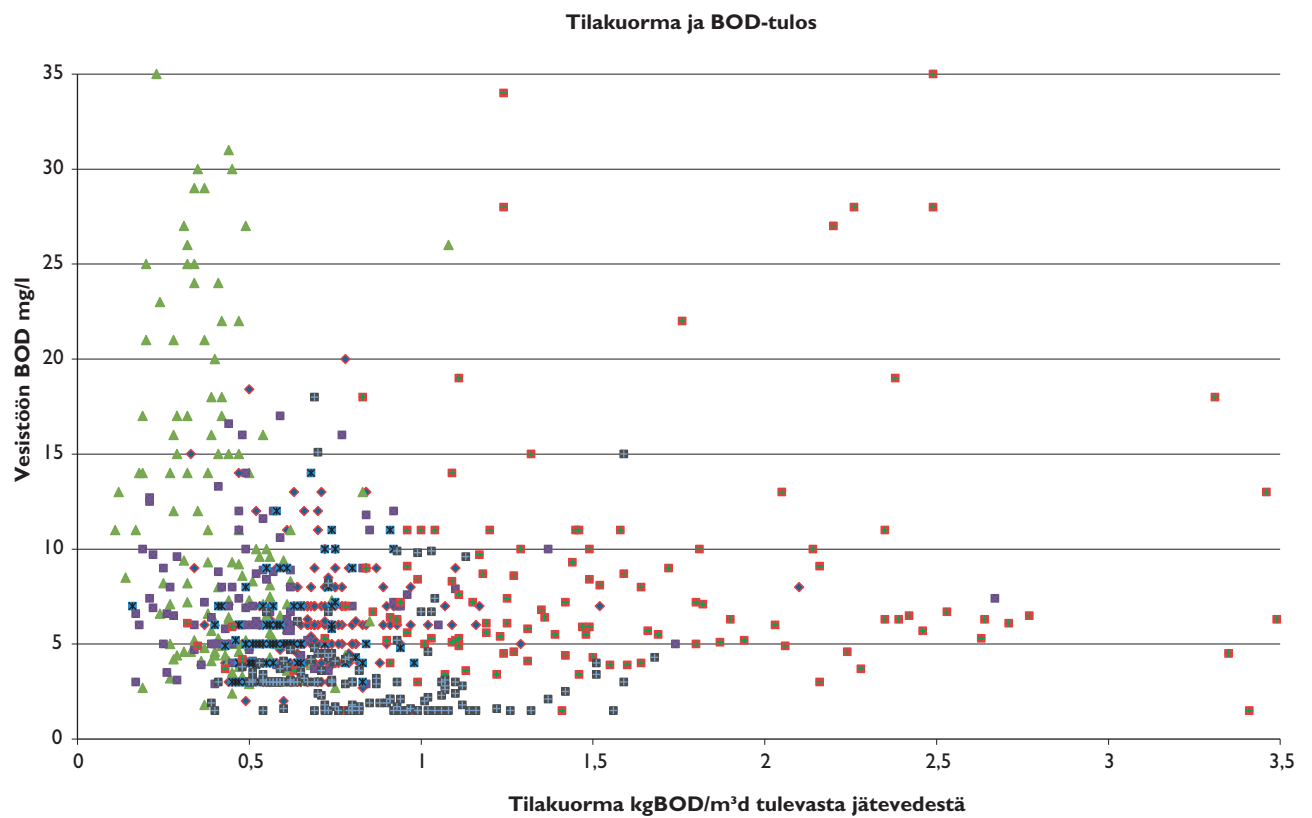
Lupamääräys	Ympäristöluvassa annetut määräykset jätevedenpuhdistamon toiminnan aiheuttaman pilaantumisen ehkäisemiseksi YSL 43 §:n mukaan
Mesofiilinen mädätys	Lämpötilassa 35 - 37 °C tapahtuva lietteen anaerobinen käsittely
Mädättämö	Reaktori, jossa anaerobisissa olosuhteissa lietteen eloperäinen aines hajoaa kolmivaiheisessa prosessissa biokaasuksi eli metaaniksi ja hiilidioksidiksi. Mädättämöitä voidaan kutsua myös biokaasulaitoksiksi.
Nitrifikaatio	Ammoniumtyypen hapettuminen nitriitin kautta nitraattitypeksi aerobisissa olosuhteissa
Ohitus, ohijuoksutus	Kapasiteettivajeen (rankkasateet, sulamisvedet), prosessihäiriön tai laiterikon takia osa tai kaikki jätevedet ohjataan koko jätevedenpuhdistamon tai jonkin prosessiosan ohi
Patogeeni	Taudinaiheuttaja, sairautta aiheuttava pieneliö
Pistekuormitus	Pistelähteistä peräisin oleva päästö, pistelähde on pistemäinen päästölähde kuten mm. jäteveden puhdistuslaitokset, kalankasvatuslaitokset ja teollisuuslaitokset
Poikkeava jätevesi	Jätevesi, jonka laatu tai määrä saattaa vaikeuttaa vesihuoltolaitoksen toimintaa tai laitoksen edellytyksiä huolehtia tyydyttävästi muiden kiinteistöjen jätevesihuollosta
Purkujärjestely, purkuviemäri	Jätevedenpuhdistamolta vesistöön johtava putki, uoma tai tunneli
Purkupiste	Kohta, jonne käsitelty jätevesi purkautuu purkuviemäristä
Purkutunneli-, putki, -oja, tai -uoma	Jätevedenpuhdistamolta lähtevän veden johtamisjärjestelmä vesistöön
Päästö	Kuormituskohteesta ulospäin tulevan haitta-aineen määrä aikayksikköä kohti, voidaan ilmaista myös pitoisuutena tai puhdistustehona eli reduktiona (%). Päästö kohdistuu tavallisimmin vesistöön, ilmaan tai maaperään.
Päästöraja-arvo	Ympäristöön suoraan tai epäsuoraan päästetyn, laimentamattoman päästön arvo, jota ei yhden tai useamman ajanjakson aikana saa ylittää ja joka ilmaistaan kokonaismääränä, pitoisuutena, prosenttiosuutena tai muulla vastaavalla tavalla (Ympäristönsuojelulaki 86/2000)
Päästötarkkailu	Laitoksesta ympäristöön johdettavien päästöjen (vesi, ilma, maaperä, melu) tarkkailu. Päästötarkkailun avulla selvitetään käyttötarkkailun tuloksia hyväksikäyttäen ympäristöön kohdistuvan päästön määrä, laatu ja näiden vaihtelut sekä päästön vähentämistoimenpiteiden tehokkuus ympäristölupamääräysten ja valvonnan edellyttämässä määrin. Käyttö- ja päästötarkkailu muodostavat kokonaisuu- den veloitettarkkailussa.
Rejektivesi	Lietteen käsittelyssä muodostuva lietteestä erottunut vesi
Riski	Haitallisen seurauksen todennäköisyyden ja haitan vakavuuden yhdistelmä (riski = todennäköisyys x haitta)
Riskiärvio	Prosessi, jossa tunnistetaan vaaroja ja arvioidaan niistä aiheutuvien haittojen todennäköisyys ja vakavuus.
Sakokaivoliete	Saostuskaivossa kiinteistön jätevedestä erottunut liete (vrt. umpikaivoliete)
Sekaviemäröinti	Viemäröintimenetelmä, jossa jäte- ja hulevedet ja perustusten kuivatusvedet johdetaan samoissa viemäriputkissa toisiinsa sekoittuneina
Siemenliete	Biologisen prosessin käynnistämiseksi tai käynnistämisen nopeuttamiseksi prosessiin tuotu liete

Talousjätevesi	Asuntojen ja laitosten jätevesiä, jotka ovat peräisin pääasiassa ihmisten aineenvaihdunnasta ja kotitalouksien toimista (Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006), voidaan käyttää myös termiä asumajätevesi.
Teollisuusjätevesi	Teollisuustuotantoon ja muuhun elinkeinon harjoittamiseen käytetyn kiinteistön jätevettä, joka ei ole talousjätevettä tai hulevettä (Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006)
Termofiilinen mädätys	Lämpötilassa 50 - 55 °C tapahtuva lietteen anaerobinen käsittely
Tertiäärikäsittely	Biologisen jäteveden puhdistusprosessin jälkikäsittelyvaihe, jonka tarkoituksena on jäteveden käsittelyn (esim. typen, fosforin tai kiintoaineen poisto) tehostaminen tai hygienisointi
Toiminta-alue	Alue, jolla vesihuoltolaitos huolehtii vesihuollosta vesihuoltolain mukaisesti
Tulokuorma	Yhden jätevedenpuhdistamolle tulevan parametrin (esim. fosfori, typpi) määrä (kg/d)
Tulokuormitus	Jätevedenpuhdistamolle tuleva ainekuorma ja hydraulinen kuorma (vrt. vesistökuormitus)
Umpikaivoliete	Umpinaiseen säiliöön johdettu kiinteistön jätevesi (vrt. sakokaivoliete)
Velvoitetarkkailu	Ympäristö- tai vesilupapäätöksessä määrätty tarkkailu
Vesihuolto	Vedenhankinta, veden johtaminen, käsittely ja toimittaminen talousvetenä käytettäväksi ja viemärointi eli jäteveden, huleveden ja perustusten kuivatusveden poisjohtaminen ja käsittely (Vesihuoltolaki 119/2001)
Vesihuoltolaitos	Laitos, joka huolehtii yhdyskunnan vesihuollosta (Vesihuoltolaki 119/2001)
Vesistökuormitus	Vesistöön useasta pistemäisestä lähteestä (esim. jätevedenpuhdistamo, viemäroinnin ylivuoto) ja hajakuormituksesta tuleva päästö
Viemärointi	Viemärointi koostuu viemäriverkostosta ja jätevedenpumppaamisesta.
Vuotovesi	Hule- tai pohjavedet, jotka pääsevät viemäriin maanpinnalta, ympäröivästä maaperästä tai kaivannon täytteestä vuotavien putkiliitosten, särkyneiden putkien, huokoisten putkenseinämien tai vioittuneiden tarkastuskaivorakenteiden kautta
Yhdyskuntajätevesi	Talousjätevettä taikka talous- ja teollisuusjäteveden tai huleveden seosta (Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006)
Ylivuoto	Käyttöhäiriön, putkirikon tai hydraulisen kapasiteetin ylittymisen vuoksi viemäriverkostosta tai jäteveden pumppaamolta verkoston ulkopuolelle ympäristöön purkautuva jätevesi
Ympäristölupa	Ympäristöviranomaisen myöntämä lupa, joka tarvitaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaan toimintaan

Liite I. Lähtevän veden BHK₇ (ATU) jäännöspitoisuus suhteessa tilakuormaan suurilla puhdistamoilla.

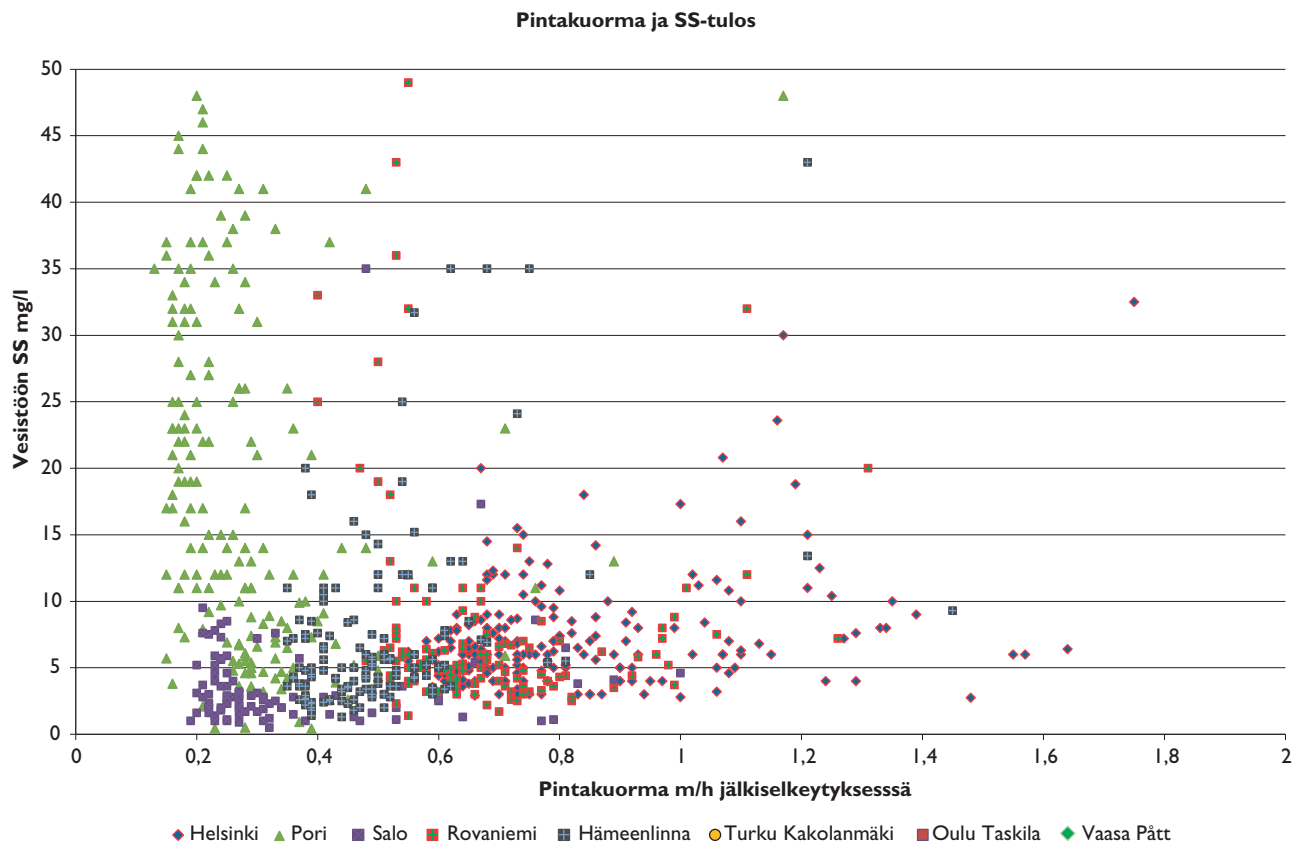
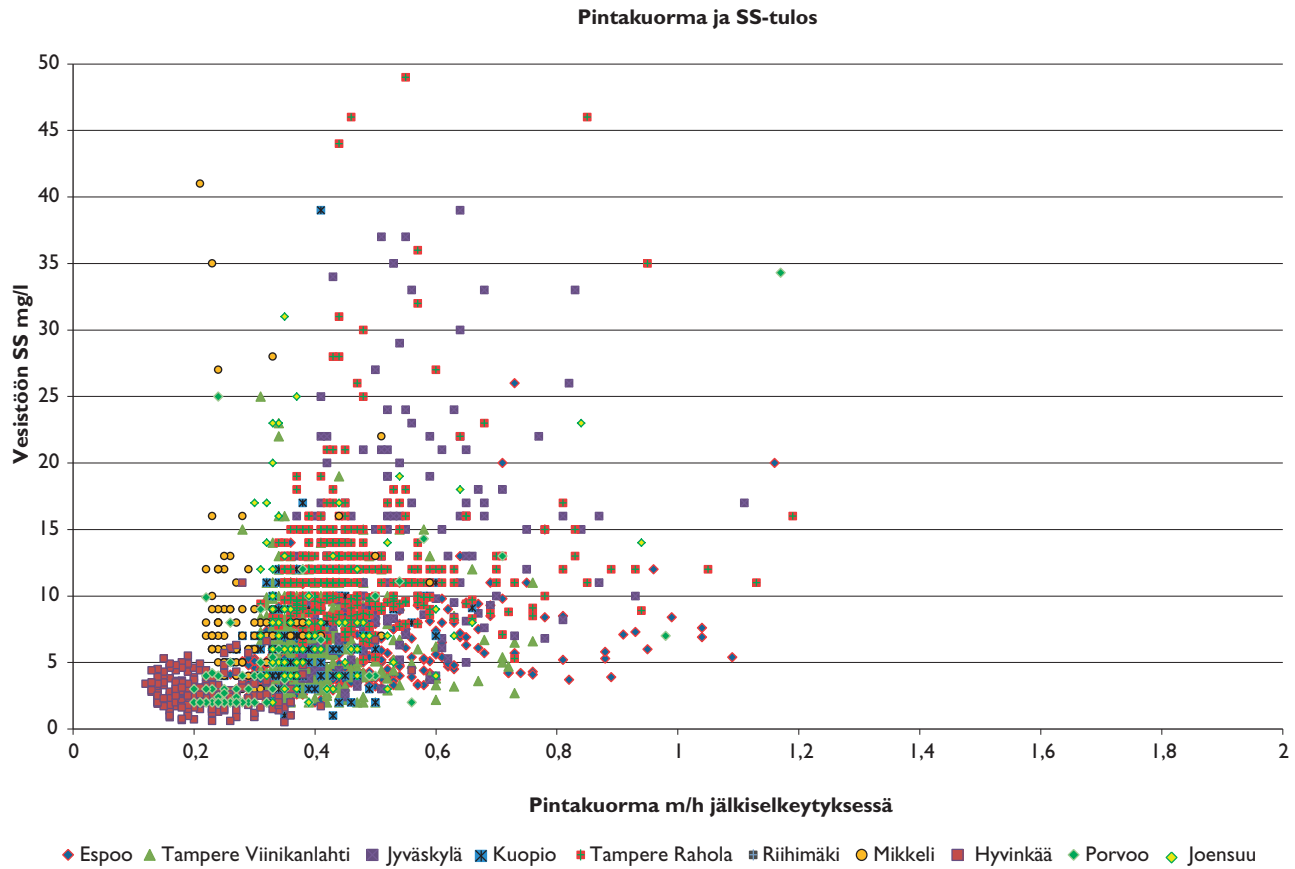


◆ Espoo ▲ Tampere Viinikanlahti ■ Jyväskylä × Kuopio ■ Tampere Rahola ■ Riihimäki ● Mikkeli ■ Hyvinkää ◆ Porvoo



◆ Helsinki ▲ Pori ■ Salo × Joensuu ■ Rovaniemi ■ Hämeenlinna ● Turku Kakolanmäki ■ Oulu Taskila ◆ Vaasa Pätt

Liite 2. Lähtevän veden kiintoaineen (SS) jäännöspitoisuus suhteessa pintakuormaan suurilla puhdistamoilla.



Liite 3. Energiankulutustietoja selvityksessä mukana olleilta puhdistamoilta.

Puhdistamo	m³/a	m³/d	kWh/a	kWh/ m³	Esi- käsittely	Biologinen prosessi	Jälki- käsittely	Tilakuorma kgBOD/m³d	Käsitelty BOD mg/l	Poistettu BOD kg	kWh/ poist. BOD kg	Poistettu OCP t/a	kWh/pois- tettu OCP t
Helsinki Viikinmäki	97 611 959	267 430	39 698 000	0,41	eilm, eselk	aktiiviliete	biologinen suodatin	0,70	6,07	23 090 025	1,72	167 053	237,6
Espoo Suomenoja	32 882 571	90 090	13 142 400	0,40	eilm, eselk	aktiiviliete		0,53	4,50	7 495 729	1,75	65 240	201,4
Turku Kakolanmäki	28 671 200	78 550			eselk	aktiiviliete	suod		3,27				
Tampere Viinikanlahti	18 278 784	50 080	5 616 000	0,31	eilm, eselk	aktiiviliete		0,76	4,55	3 776 506	1,49	19 766	284,1
Oulu Taskila	15 551 874	42 610			eselk	aktiiviliete	biosu		5,61				
Jyväskylä Nenäinniemi	12 818 692	35 120	5 400 000	0,42	eselk	aktiiviliete		1,20	9,82	4 711 456	1,15	23 623	228,6
Pori Luotsinmäki	8 528 775	23 370			eilm, eselk	aktiiviliete	flotaatio	0,43	18,54				
Lahti Kariniemi	6 725 639	18 430			eilm, eselk	aktiiviliete			6,12				
Kuopio Lehtoniemi	6 697 000	18 350	3 023 263	0,45	eselk	aktiiviliete		1,15	6,49	2 811 258	1,08	12 978	233,0
Salo Keskuspuhdistamo	6 558 622	17 970	1 097 470	0,17	eilm, eselk	aktiiviliete	biosu	0,56	14,70	917 027	1,20	7 022	156,3
Vaasa Pätt	6 507 392	17 830			eselk	aktiiviliete	flotaatio		9,58				
Joensuu Kuhasalo	6 056 593	16 590	4 312 432	0,71	eilm, eselk	aktiiviliete	loppuselk	0,59	5,52	1 358 884	3,17	9 029	477,6
Rovaniemi Alakorkalo	5 936 042	16 260	1 480 000	0,25	eselk	aktiiviliete	suod	1,59	8,55	1 397 021	1,06	8 920	165,9
Tampere Rahola	5 579 885	15 290	1 862 000	0,33	eilm, eselk	aktiiviliete		1,01	8,64	1 677 201	1,11	8 140	228,7
Hämeenlinna Paroinen	5 397 918	14 790	5 180 076	0,96	eselk	aktiiviliete	flotaatio	0,83	3,44	2 594 134	2,00	12 883	402,1
Riihimäki	4 651 200	12 740	2 554 764	0,55	eselk	aktiiviliete		0,39	5,16	1 903 416	1,34	10 781	237,0
Lahti Ali-Juhakkala	4 542 735	12 450			eselk	aktiiviliete			5,64				
Mikkeli Kenkäveronniemi	4 264 041	11 680	1 933 050	0,45	eselk	aktiiviliete		0,36	5,65	1 169 332	1,65	8 070	239,5
Hyvinkää Kalteva	3 982 780	10 910	2 121 360	0,53	eselk	aktiiviliete		0,15	2,55	954 270	2,22	7 700	275,5
Porvoo Hermanninsaari	3 965 141	10 860	1 394 583	0,35	eilm, eselk	aktiiviliete		0,30	4,40	900 541	1,55	7 514	185,6
Pietarsaari Alheda	3 067 278	8 400	1 310 184	0,43		aktiiviliete	flotaatio	1,25	10,98	838 484	1,56	4 444	294,8
Lohja Pitkaniemi	2 865 440	7 850	957 024	0,33	eselk	aktiiviliete		0,41	3,35	621 698	1,54	4 752	201,4
Varkaus Akonniemi	2 683 720	7 350	1 107 183	0,41	eilm, eselk	aktiiviliete		1,14	6,92	791 612	1,40	3 418	323,9
Valkeakoski	2 676 700	7 330	919 142	0,34	eselk	aktiiviliete		1,58	3,90	974 974	0,94	4 087	224,9
Nurmijärvi Klaukkala	2 202 300	6 030	1 890 000	0,86	eselk	aktiiviliete		0,37	5,00	1 014 881	1,86	4 846	390,0
Uusikaupunki Häpönniemi	2 161 640	5 920			eilm, eselk	biologinen suodatin			11,78				
Forssa Sortohaka	2 140 550	5 860	2 702 538	1,26	eilm, eselk	aktiiviliete	loppuselk	0,91	13,11	1 852 983	1,46	7 692	351,3
Kempele Lakeuden keskuspuhdistamo	1 774 580	4 860	1 078 892	0,61	eselk	aktiiviliete	loppuselk	0,69	7,63	685 758	1,57	3 776	285,7
Pieksämäki	1 744 076	4 780	1 100 000	0,63		aktiiviliete	flotaatio	1,31	12,21	672 753	1,64	3 803	289,2
Raasepori Karjaa-Pohja	1 571 630	4 310	960 000	0,61		aktiiviliete	suod	0,11	3,20	220 040	4,36	2 058	466,5
Loimaa Alastaro	1 480 790	4 060	154 247	0,10				0,25	10,09	39 283	3,93	169	912,7
Loviisa Vårdö	1 218 672	3 340					flotaatio		4,96				
Raasepori Skeppsholmen	1 178 590	3 230			eselk	aktiiviliete	flotaatio	0,26	2,49				
Nastola	1 177 095	3 220				aktiiviliete		0,72	4,02				
Parainen Norrby	1 174 370	3 220			eselk	biologinen suodatin			14,52				
Orimattila Vaarakoski	1 138 786	3 120	1 026 271	0,90		aktiiviliete	flot, loppus.	0,32	3,21	285 819	3,59	2 090	491,0
Mäntsälä Kirkkonkylä	915 117	2 510			eselk	aktiiviliete		0,53	3,22				
Karkkila	892 140	2 440	697 181	0,78	eselk	aktiiviliete		0,26	2,17	208 486	3,34	1 146	608,4
Vihti Nummela	829 310	2 270	726 055	0,88	eselk	aktiiviliete		0,56	2,93	334 685	2,17	2 653	273,7
Säkylä Koornummi	818 690	2 240						0,10	2,90				
Nurmijärvi Kirkkonkylä	656 520	1 800							3,69				
Savonlinna Pihlajaniemi	552 665	1 510	1 430 000	2,59	eselk	aktiiviliete	suod, flot	0,47	3,45	550 920	2,60	4 402	324,9
Levi Kittilä	480 140	1 320	1 333 274	2,78	eselk	aktiiviliete	flot	0,40	13,84	165 161	8,07	1 033	1290,7
Ivalo Mellanaava	404 168	1 110			eselk	bioroottori	loppuselk		7,35				
Kokemäki	396 634	1 090	450 000	1,13		aktiiviliete		0,30	7,01	175 400	2,57	757	594,5
Parikkala Särkisalmi	311 400	850				aktiiviliete			3,61				
Virrat	300 635	820	353 836	1,18		aktiiviliete		0,29	3,95	74 539	4,75	628	563,4
Vihti Kirkkonkylä	272 452	750			eilm, eselk	aktiiviliete	suod	0,31	6,70				
Urkala	269 058	740	260 000	0,97		aktiiviliete		0,19	6,09	62 386	4,17	413	629,5
Merikarvia Krooka	244 846	670							8,37				
Kemionsaari Taalintehdas	204 509	560	548 082	2,68	eselk	aktiiviliete	flot	0,33	3,44	47 370	11,57	338	1621,5
Murola	147 849	410	204 145	1,38		aktiiviliete		0,35	7,30	24 795	8,23	206	991,0
Sauvo	113 739	310	180 000	1,58		aktiiviliete			4,86	15 253	11,80	134	1343,3
Rinnekoti	112 785	310				aktiiviliete	loppuselk	0,16	3,42				
Siuntio Pikkala	93 577	260	222 736	2,38		aktiiviliete		0,32	9,74	39 643	5,62	291	765,4
Porvoo Hinthara	57 088	160	44 842	0,79		aktiiviliete		1,00	18,38	32 728	1,37	136	329,7
Salo Teijo	25 879	70	70 000	2,70		aktiiviliete		0,18	4,98	5 440	12,87	39	1794,9
Keskiarvo	5 676 566	15 552		0,91				0,58	6,73				

Liite 4. Selvityksessä mukana olleilla puhdistamoilla käytössä olevia kemikaaleja ja niiden annostelumääriä.

Puhdistamo	Tuleva Plot		Käytetyt kemikaalit																Tuleva Ntot		Tila-kuorma kgBOD/m ³ d	Käsitelty BOD mg/l			
	m ³ /a	m ³ /d	mg/l	ferro kg/a	g/m ³	ferri kg/a	g/m ³	Al(SO ₄) ₃ kg/a	g/m ³	PAC kg/a	g/m ³	Kalkki kg/a	g/m ³	Sooda kg/a	g/m ³	Lipeä kg/a	g/m ³	Metanoli kg/a	g/m ³	Rikkihappo kg/a			g/m ³	Polymeeri kg/a	
Heisinki Viikimäki	97 611 959	267 430	6.83	46.33	10 246 700	105						260 332	2.7	57 900	0.59	30 000	0.31	1 838 300	19			95 587	0.70	6.07	
Espoo Suomenoja	32 882 571	90 090	8.33	62.24	3 340 000	102																51 000	0.53	4.50	
Turku Kakolanmäki	28 671 200	78 550	8.70	53.45	3 089 650	108																24 013		3.27	
Tampere Viinikanlahti	18 278 784	50 080	7.09	45.73			5 088 100	278														21 896	0.76	4.55	
Oulu Taskila	15 551 874	42 610	8.45	54.89			944 228	61			884 418	57										31 000	5.61		
Jyväskylä Nenäniemi	12 818 692	35 120	10.53	68.76	2 457 050	192					341 650	27										11 534	1.20	9.82	
Pori Luotismäki	8 528 775	23 370	7.33	47.39			1 941 000	228														15 750	0.43	18.54	
Lahti Kariniemi	6 725 639	18 430	9.90	60.30	960 000	143																		6.12	
Kuopio Lehtoniemi	6 697 000	18 350	10.72	62.63	352 000	53																		1.15	
Salo Keskuspuhdistamo	6 558 622	17 970	9.84	46.66																				0.56	
Vaasa Patti	6 507 392	17 830	7.90	58.00			1 298 459	200			14 650	2										22 000		9.58	
Joensuu Kuhasalo	6 056 593	16 590	11.24	58.78	1 141 650	188					72 800	12										12 675	0.59	5.52	
Rovaniemi Alakorkalo	5 936 042	16 260	9.55	58.89			1 210 759	204														8 000	1.59	8.55	
Tampere Rahola	5 579 885	15 290	10.49	62.25			2 878 324	516														8 500	1.01	8.64	
Hämeenlinna Paroinen	5 397 918	14 790	10.44	58.23	972 450	180					49 350	9										16 059	0.83	3.44	
Riihimäki	4 651 200	12 740	8.85	58.23	927 530	199																12 750	0.39	5.16	
Lahti Ali-Juhakkala	4 542 735	12 450	10.95	57.30	870 000	192																		5.64	
Mikkeli Kankaveronniemi	4 264 041	11 680	10.33	60.66	634 691	149																		5.65	
Hyvinkää Kalteva	3 982 780	10 910	8.04	50.51	650 000	163																1 500	0.15	2.55	
Porvoo Hermanninsaari	3 965 141	10 860	8.20	53.10	634 520	160																5 905	0.30	4.40	
Pielarsaari Alheda	3 067 278	8 400	8.60	54.00			258 150	84			220 460	72										5 100	1.25	10.98	
Lohja Pitkaniemi	2 865 440	7 850	7.53	44.85			579 745	202																3.35	
Varkaus Akoniemi	2 683 720	7 350	7.51	51.28	337 113	126																36 100	13	6.92	
Valkeakoski	2 676 700	7 330	7.64	38.33	408 980	153																4 500	1.58	3.90	
Nurmijärvi Klaukkala	2 202 300	6 030	8.19	54.25	169 071	77																6 800	0.37	5.00	
Uusikaupunki Häpönniemi	2 161 640	5 920	8.42	49.94							51 100	24										1 241		11.78	
Forssa Sorihaka	2 140 550	5 860	15.80	108.32	839 161	392					109 932	51										25 725	0.91	13.11	
Kempele Lakeuden keskuspuhdistamo	1 774 580	4 860	14.09	90.15			481 700	271														7 190	0.69	7.63	
Pieksämäki	1 744 076	4 780	13.54	60.85	281 670	162					177 005	101												1.31	12.21
Raasepori Karjaa-Pohja	1 571 630	4 310	6.09	37.98			254 216	162														492	0.11	3.20	
Loimaa Alastaro	1 480 790	4 060	8.00	46.83																				0.25	10.09
Lovisa Vårdö	1 218 672	3 340	12.04	52.94	350 000	287																200		4.96	
Raasepori Skeppsholmen	1 178 590	3 230	8.08	49.00	123 916	105						48										994	0.26	2.49	
Nastola	1 177 095	3 220	15.07	77.85	73 000	62																		0.72	4.02

Liite 4. Jatkoa

[illegible]

Liite 5. Joidenkin selvityksessä mukana olleiden puhdistamoiden käyttökustannustietoja vuodelta 2012.

Puhdistamo	m³/a	m³/d	Käyttö- kustannus	Henkilö htkk	Henkilö €/vuosi	Ostetut palvelut	Huomautuksia	Käyttökus- tannukset €/m³	Henkilötyö- kustannukset €/m³	Henkilötyö ja palvelut €/m³
Helsinki Viikinmäki	97 611 959	267 430	10 193 215	582	2 322 000	2 402 200		0,10	0,024	0,048
Espoo Suomenoja	32 882 571	90 090	6 101 285	389	1 651 000	1 389 800		0,19	0,050	0,092
Jyväskylä Nenäinniemi	12 818 692	35 120	2 450 000	159,0	718 600	1 708 000		0,19	0,056	0,189
Pori Luotsinmäki	8 528 775	23 370	2 571 000	84,0	428 000	967 000	Mukana Kemicond-käsittely	0,30	0,050	0,164
Lahti Kariniemi	6 725 639	18 430	2 130 000					0,32		
Kuopio Lehtoniemi	6 697 000	18 350	2 574 000	17,5	938 000	654 000	Mukana ICT ja toimistopalvelut	0,38	0,140	0,238
Joensuu Kuhasalo	6 056 593	16 590	2 030 000	138,0	548 000	509 000	Mukana lietteenkäsittely 240 000 €/a	0,34	0,090	0,175
Rovaniemi Alakorkalo	5 936 042	16 260	1 081 000	48,0	183 000	681 400	Mukana kompostointi 500 000 €/a	0,18	0,031	0,146
Hämeenlinna Paroinen	5 397 918	14 790	3 037 000		446 600	524 000		0,56	0,083	0,180
Riihimäki	4 651 200	12 740	1 075 500	72,0	277 000	390 000		0,23	0,060	0,143
Hyvinkää Kalteva	3 982 780	10 910	940 000	86,0	272 000	140 000		0,24	0,068	0,103
Porvoo Hermanninsaari	3 965 141	10 860	1 057 000	48,0	208 000	483 000		0,27	0,052	0,174
Varkaus Akonniemi	2 683 720	7 350	510 000	30,0	121 800	168 400		0,19	0,045	0,108
Uusikaupunki Hapönniemi	2 161 640	5 920	900 000	36,0	158 000	380 000	Mukana lietteenkäsittely 200 000 €/a	0,42	0,073	0,249
Parainen Norrby	1 174 370	3 220	940 800		437 800	278 400		0,80	0,373	0,610
Virrat	300 635	820	363 400	36,0	150 800	127 600		1,21	0,502	0,926
Keskiarvo	5 077 153	13 909	1 547 121	69	375 969	539 292		0,402	0,125	0,262

KUVAILULEHTI

<i>Julkaisija</i>	Ympäristöministeriö			<i>Julkaisuaika</i> Maaliskuu 2014
<i>Tekijä(t)</i>	Jyrki Laitinen, Jenni Nieminen, Risto Saarinen ja Saijariina Toivikko			
<i>Julkaisun nimi</i>	Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT) Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot			
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	Suomen ympäristö 3/2014			
<i>Julkaisun teema</i>	Ympäristönsuojelu			
<i>Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut</i>	Julkaisu on saatavana myös internetistä: www.ym.fi/julkaisut			
<i>Tiivistelmä</i>	<p>Selvityksen tarkoituksena oli määritellä paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT) yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoille. Ympäristönsuojeluasetuksen (169/2000) mukaan ympäristölupahakemuksissa tulee esittää arvio parhaan käyttökelpoisen tekniikan soveltamisesta. BAT:n käsite on kuitenkin jätevedenpuhdistuksen osalta ollut epäselvä ja tämä on hankaloittanut ympäristölupahakemuksien laatimista ja käsittelyä.</p> <p>Jätevedenpuhdistamoiden prosessin ja toiminnan kartoittamiseksi tehtiin kysely valituille eri puolilla Suomea sijaitseville puhdistamolle. Kyselyyn osallistui 57 puhdistamoa ja ne jaettiin virtaaman mukaan kolmeen kokoluokkaan seuraavasti: 20 kpl suuria ($Q > 10\,000\text{ m}^3/\text{d}$), 24 kpl keskisuuria ($1\,000 < Q < 10\,000\text{ m}^3/\text{d}$) ja 13 kpl pieniä ($Q < 1\,000\text{ m}^3/\text{d}$) puhdistamoja. Puhdistamoiden tehokkuudesta ja kuormituksesta saatuja tietoja käytettiin arvioitaessa parasta käyttökelpoista tekniikkaa asiantuntijatyöryhmässä.</p> <p>Raportti on kansallinen BAT-selvitys, mutta sen sisältö mukailee virallisten BAT-dokumenttien sisältöä. Aluksi luvussa 2 esitellään yleistä tietoa jätevesien ympäristövaikutuksia ja niihin liittyvästä lainsäädännöstä. Luvussa 3 tarkastellaan jätevedenpuhdistamoille tulevia kuormitusjakeita. Neljännessä luvussa tarkastellaan nykyisiä kulutus- ja päästötasoja jätevedenpuhdistamoille tehdyn kyselyn pohjalta. Luvussa 5 esitellään BAT:n määrittämisessä huomioon otettavia, nykyisin yleisesti käytössä olevia tekniikoita, joiden avulla saavutettavia kulutus- ja päästötasoja esitellään luvussa 6. Näiden tietojen ja työryhmän kokemusten pohjalta on muodostettu luvussa 7 esiteltävät BAT-päätelmät. 8. luvussa esitellään lupaavia tekniikoita, joista on vain jonkin verran kokemuksia, mutta joiden arvellaan vakiintuvan käyttöön tulevaisuudessa.</p> <p>BAT-raportin on tarkoitus toimia ympäristöluvan hakijoiden ja lupakäsittelijöiden käsikirjana.</p>			
<i>Asiasanat</i>	Paras käyttökelpoinen tekniikka, BAT, yhdyskuntien jätevedenpuhdistus			
<i>Rahoittaja/ toimeksiantaja</i>	Ympäristöministeriö			
	ISBN 978-952-11-4285-7 (nid.)	ISBN 978-952-11-4286-4 (PDF)	ISSN 1238-7312 (pain.)	ISSN 1796-1637 (verkkoi.)
	Sivuja 81	Kieli suomi	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta (sis. alv 8 %)
<i>Julkaisun jakaja</i>	Suomen ympäristökeskus (SYKE), neuvonta PL 140, 00251, Helsinki Sähköposti: neuvonta.syke@ymparisto.fi			
<i>Julkaisun kustantaja</i>	Ympäristöministeriö			
<i>Painopaikka ja -aika</i>	Edita Prima Oy, Helsinki 2014			

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Miljöministeriet	Datum Mars 2014		
Författare	Jyrki Laitinen, Jenni Nieminen, Risto Saarinen och Saijariina Toivikko			
Publikationens titel	Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT) Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot Bästa tillgängliga teknik (BAT) Kommunala avloppsreningsverk			
Publikationsserie och nummer	Miljön i Finland 3/2014			
Publikationens tema	Miljövård			
Publikationens delar/andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig på internet: www.ym.fi/julkaisut			
Sammandrag	<p>Syftet med denna rapport är att definiera bästa tillgängliga teknik (BAT) för kommunala avloppsreningsverk. Enligt miljöskyddsförordningen (169/2000) skall miljötillståndsansökan innehålla en bedömning av tillämpningen av bästa tillgängliga teknik. Gällande avloppsrening har BAT-begreppet dock varit vagt definierat, vilket har försvårat uppgörande och behandling av ansökningar.</p> <p>För att kartlägga processmässiga och operativa egenskaper gjordes en enkät bland utvalda reningsverk runtom i Finland. 57 reningsverk deltog i enkäten och grupperades enligt flöde i följande grupper: 20 stora ($Q > 10\,000\text{ m}^3/\text{d}$), 24 medelstora ($1\,000 < Q < 10\,000\text{ m}^3/\text{d}$) och 13 små ($Q < 1\,000\text{ m}^3/\text{d}$) reningsverk. Den insamlade informationen om reningsverkens effektivitet och belastning användes av en expertgrupp vid bedömning av bästa tillgängliga teknik.</p> <p>Rapporten är en nationell BAT-utredning, men innehållet följer i stort de officiella BAT-referensdokumenten. I kapitel 2 presenteras allmän information om miljökonsekvenser av avloppsvatten och avloppsrelaterad lagstiftning i Finland. I kapitel 3 granskas olika belastningsfraktioner i inkommande flödet. I fjärde kapitlet granskas nuvarande förbruknings- och utsläppsnivåer på basen av enkätens resultat. Kapitel 5 presenterar de tekniker, som skall beaktas vid fastställande av BAT och kapitel 6 presenterar förbruknings- och utsläppsnivåer, som kan nås med dessa tekniker. De BAT-slutsatser, som presenteras i kapitel 7, baserar sig på uppgifter i kapitlen 5 och 6, samt på arbetsgruppens erfarenhet. Kapitel 8 presenterar lovande ny teknik, av vilken vidare erfarenheter tillsvidare saknas, men antas bli vanligare i framtiden.</p> <p>BAT- rapporten är tänkt att fungera som en handbok för dem, som söker eller behandlar miljötillstånd.</p>			
Nyckelord	Bästa tillgängliga teknik, BAT, kommunal avloppsrening			
Finansiär/uppdragsgivare	Miljöministeriet			
	ISBN 978-952-11-4285-7 (hft.)	ISBN 978-952-11-4286-4 (PDF)	ISSN 1238-7312 (print)	ISSN 1796-1637 (online)
	Sidantal 81	Språk finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %)
Distribution	Finlands miljöcentral (SYKE), PB 140, 00251 Helsingfors Epost: neuvonta.syke@ymparisto.fi			
Förläggare	Miljöministeriet			
Tryckeri/tryckningsort-år	Edita Prima Ab, Helsingfors 2014			

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Ministry of the Environment			<i>Date</i> March 2014
<i>Author(s)</i>	Jyrki Laitinen, Jenni Nieminen, Risto Saarinen and Saijariina Toivikko			
<i>Title of publication</i>	Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT) Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot Best available techniques (BAT) Municipal wastewater treatment plants			
<i>Publication series and number</i>	The Finnish Environment 3/2014			
<i>Theme of publication</i>	Environmental protection			
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	The publication is available in the internet: www.ym.fi/julkaisut			
<i>Abstract</i>	<p>The purpose of this report is to define the best available techniques (BAT) for municipal wastewater treatment plants. According to the Environment Act (169/2000), environmental permit applications must include an evaluation on BAT. However, the definition of BAT in wastewater treatment has been vague, which has made it difficult to both submit and process environmental permit applications.</p> <p>The study was based on the operational information collected with a questionnaire from 57 municipal wastewater treatment plants (WWTPs) in different parts of Finland. These 57 WWTPs were grouped as follows: 20 large ($Q > 10,000 \text{ m}^3/\text{d}$), 24 medium-sized ($1,000 < Q < 10,000 \text{ m}^3/\text{d}$) and 13 small ($Q < 1,000 \text{ m}^3/\text{d}$). Using information on the plants' efficiency and load, the national technical working group formed their BAT conclusions.</p> <p>This is a national BAT report but it uses the structure of official BAT reference documents. Chapter 2 presents basic information about Finnish water bodies, the effects of wastewater discharges, and Finnish wastewater legislation. Chapter 3 describes the load and quality of different influents to WWTPs. Chapter 4 examines current consumption and emission levels based on the information from the questionnaire. Chapter 5 presents the techniques to consider in the determination of BAT and Chapter 6 the consumption and emission levels that can be reached with these techniques. Based on Chapters 5 and 6 and the experiences of the working group, Chapter 7 presents the BAT conclusions. Finally, Chapter 8 presents promising techniques of which there are some experiences but which are expected to be established in the future.</p> <p>The report is a tool for environmental permit applicants and permit authorities.</p>			
<i>Keywords</i>	Best available techniques, BAT, municipal wastewater treatment			
<i>Financier/ commissioner</i>	Ministry of the Environment			
	ISBN 978-952-11-4285-7 (pbk.)	ISBN 978-952-11-4286-4 (PDF)	ISSN 1238-7312 (print)	ISSN 1796-1637 (online)
	<i>No. of pages</i> 81	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> Public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i>
<i>Distributor</i>	Finnish Environment Institute (SYKE), neuvonta P.O. Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland Email: neuvonta.syke@ymparisto.fi			
<i>Financier of publication</i>	Ministry of the Environment			
<i>Printing place and year</i>	Edita Prima Ltd., Helsinki 2014			



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment



ISBN 978-952-11-4285-7 (nid.)

ISBN 978-952-11-4286-4 (PDF)

ISSN 1238-7312 (pain.)

ISSN 1796-1637 (verkkok.)